



Title	カラマツ及びヒバに関する栄養生理學的基礎研究
Author(s)	佐藤, 義夫; SATO, Yoshio; 武藤, 憲由 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 15(1), 1-62
Issue Date	1951-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20679
Type	departmental bulletin paper
File Information	15(1)_P1-62.pdf



演習林研究報告 第十五卷第一號

カラマツ及びヒバに関する栄養生理學的基礎研究

佐藤 義夫

武藤 憲由

Fundamental Studies on the Nutritional Physiology of *Larix kaempferi* and *Thujaopsis dolabrata*.

by

Yoshio SATO

Kazuyoshi MUTO

目 次

緒 言	2	II. 實驗計畫	35
實驗 I. カラマツ <i>Larix kaempferi</i> SARG. に就いて	2	III. 實驗結果	35
I. 實驗方法及び材料	2	1. 要素缺如に由來する生育状態の 差異	36
II. 實驗計畫	4	2. 窒素試験	37
III. 實驗結果	6	3. 燐酸試験	43
1. 要素缺如に由來する生育状態の 差異	6	4. 加里試験	50
2. 窒素試験	9	考 察	56
3. 燐酸試験	17	摘 要	58
4. 加里試験	24	参考文献	59
實驗 II. ヒバ <i>Thujaopsis dolabrata</i> S. et Z. に就いて	33	Résumé	61
I. 實驗方法及び材料	33	圖版説明	62
		圖 版	

緒 言

生育の或る時期に給與された肥料要素は樹苗に依り吸収されて、樹體構成上缺くべからざる要素と成るに反し、生育の他の時期に給與された肥料要素は、たとえ吸収されたとしても、樹體構成上何等有効ならざる要素として樹體内に存在するに止まる事は、多くの實驗の結果明らかである。この事實は榮養生理學上の一研究課題たるに止まらず、肥料の經濟と合理的施肥法の確立とを痛感する重要問題である。

かくの如き研究の實驗方法としては、樹苗の生育に必要な種々の外界因子を比較的簡便、且つ正確に調節する事の可能な水中培養法が最も適當であると考えられる。水中培養法は農業作物の研究には古くから用いられ、多くの業績を上げて居るにもかかわらず、林木稚苗の如きは、水稻の如き一種の沼澤植物と看做し得るものと趣を異にし、その培養が困難である爲にその發達も可成遅れて居る。しかし水中培養法の發達と共に、樹苗を用いたこの研究も近年盛んに行われ、培養液の組成、^{1) 25) 29) 30)} 水素イオン濃度の問題、^{10) 25) 31) 32)} 通氣の樹苗の生育に及ぼす影響等、^{23) 24)} 水中培養上の基礎的問題が多く取上げられて居る。

嗣つて農業作物の研究成果を見るに、BRECHLE³⁾氏及びGERICKE^{5) 6) 7)}氏は肥料要素の生育初期及び生育後期に於ける種々の期間の缺如が麥の生育に如何なる變化を及ぼすかを研究し、合理的施肥期の確立に資せんとして居る。同様の目的を有する研究は石塚氏¹¹⁾が小麥で行つた實驗で完成された觀がある。

本研究ではカラマツ、ヒバを使用し、合理的施肥期確定の爲に次の實驗方法を用いた。

- (1) 樹苗の正常な生育の爲には窒素、磷酸、加里は生育の如何なる時期迄必要か
- (2) 生育の如何なる時期迄之を缺くも生育に支障なきか
- (3) 其の最も有効な利用時期は何時か

の3項目に分け實驗を進める事とした。

本研究は當教室に於て行いつつある寒帯林の更新に關する研究の一部であつて、王子製紙株式會社奨學金に負う處からず、又圖版其の他實驗遂行上沖野丈夫氏を煩わしたること多し。茲に深甚の謝意を表す。

實驗 I. カラマツ *Larix kaempferi* SARG. に就いて

1. 實驗方法及び材料

1. 實驗に用いた種子は信州カラマツ (採集地留萌) である。

2. 鹽酸で處理し、充分水洗後、高温で乾燥した石英砂を 30×20×5cm の硬質陶器バットに満し、苗床を調製し、これにホルマリン 70 倍溶液に 30 分間浸漬し、殺菌を行つたカラマツ種子 40 cc を充分水洗後、昭和 25 年 5 月 2 日に播種した。この容器を硝子室内に置き、6 月 22 日迄注意して、蒸溜水を以て、消失水分を補給した。

3. 種子は 5 月 18 日初めて發芽し、發芽最盛期は 5 月 29 日附近であつた。以後この 5 月 29 日を發芽日として取扱う事とする。

4. 6 月 22 日大きさの様な樹苗を選び、これをボール蓋に植付けた。6 月 23 日より培養液に依る培養を開始した。植付方法は、ボール蓋に釘で約 4 mm の穴を開け、その穴に樹苗を挿入し、綿で莖を押える方法を用いた。6 月 23 日に於ける樹苗の生育状態は子葉が完全に開き、新生葉が僅かに見られる程度の状態であつた。

5. 樹苗は 1 ポット當り 5 本とした。ポットとして内徑 7.5 cm, 内容約 400 cc の筒形硬質陶器容器を使用した。

6. 樹苗の培養に使用した培養液は次の 4 種である。

第 1 表 Table 1.

	標準培養液 Complete nutrient solution (mg)	可驗要素を缺く培養液 Partially complete nutrient solutions		
		無窒素培養液 Nutrient solution minus nitrogen (mg)	無磷酸培養液 Nutrient solution minus phosphorus (mg)	無加里培養液 Nutrient solution minus potassium (mg)
(NH ₄) ₂ SO ₄	80		80	67.9
NH ₄ H ₂ PO ₄				21.1
KH ₂ PO ₄	25	25		
KCl	12	12	25.7	
MgCl ₂	20	5.2	20	11.2
MgSO ₄		18.7		11.0
CaCl ₂	50		50	50
CaSO ₄		61.3		
FeCl ₃	0.2	0.2	0.2	0.2
蒸溜水 Distilled water	1 l	1 l	1 l	1 l

標準培養液は KNOP 氏培養液の約 10 分の 1 濃度のものである。ただ窒素源として我々の一人がクロエゾマツ、アカエゾマツ、トドマツで實驗を行つた結果最も適當であると知つた硫酸アンモニアを用いた。無窒素培養液、無磷酸培養液、無加里培養液は、標準培養液に含まれる 6 つの要素、即ち N, P, K, Ca, Mg, S の一つ、窒素、磷酸、加里が缺如するのみで、他の 5 つの要素は標準培養液に含まれて居る量と同じ量だけ含まれて居る。

(4)

此等の培養液の水素イオン濃度は pH 5.6 であつた。但し、無磷酸培養液は酸性鹽の添加無き爲 pH 6.0 であつたので、微量の鹽酸を加え pH 5.6 に合致せしめた。

7. 培養液は1ポット400ccとし、5日に1度の割合で更新した。培養液給與前に培養液5lに就き、20分間50%苛性カリ溶液を通した空気を送つた。培養液給與後2日目から毎日各ポットに1分間づつ苛性カリ溶液を通し炭酸ガスを抜いた空気を送り、培養液中の酸素の不足を補つた。培養液中に送られる空気の量は1分間に約1lである。この通氣は送風機に依つてなされた。尙幹の部分が培養液の面より必要な高さを保つ様注意した。所謂液面降下法を實行した。

8. 硝子室は葦簾で覆ひ、日射の量を加減した。實驗中の硝子室の温度は次の如し。

第 2 表 Table 2.

	温 度 Temperature °C			温 度 Temperature °C	
	最 高 Maximum	最 低 Minimum		最 高 Maximum	最 低 Minimum
6月21日~30日 June 21 to 30	22.5°C	15.2°C	9月1日~10日 Sept. 1 to 10	27.6°C	17.8°C
7月1日~10日 July 1 to 10	25.6	18.1	9月11日~20日 Sept. 11 to 20	23.7	16.4
7月11日~20日 July 11 to 20	27.0	20.2	9月21日~30日 Sept. 21 to 30	20.3	12.1
7月21日~31日 July 21 to 31	34.1	23.4	10月1日~10日 Oct. 1 to 10	17.6	9.5
8月1日~10日 Aug. 1 to 10	33.6	23.7	10月11日~20日 Oct. 11 to 20	15.6	8.5
8月11日~20日 Aug. 11 to 20	32.4	23.2	10月21日~31日 Oct. 21 to 31	12.9	3.2
8月21日~31日 Aug. 21 to 31	28.5	19.1			

II. 實 驗 計 劃

本研究は第1圖に示す如き實驗計劃の下に之を行つた。(第1圖参照)

即ち各要素に關する試験區ごとに番號1より15に至る15個のポットを用意し、要素の時期的給與は圖に示せる如く之を行い、114日に涉りカラマツを培養して、カラマツの生育に及ぼす各要素の影響を見たのである。圖中横線の部分は標準培養液に依る培養を意味し、然らざる部分は可驗要素を缺く培養液で培養した事を意味する。

而して、1號より5號に至る5個のポットではカラマツは如何なる時期迄標準培養液で培養される事を必要とするか、換言すれば、生育の如何なる時期迄可驗要素を必要とするかを知らんとし、6號より10號に至る5個のポットでは生育の初期如何なる時期迄可驗要素を缺くも生育に支障なきか、又11號より15號に至る5個のポットと番號5のポット計6個のポットでは生育の如何なる時期に給與した可驗要素が最も有効に樹苗の生育に利用されるかを知らんと

第 1 圖 Figure 1.

日時 Date		發芽後 Days after germination	培養開始後 Days after begin- ning of culture	ポット番號 Pot No.															無 可 肥 養 液 區 (-N, -P ₂ O ₅ , or -K ₂ O)
月 Mo- nth	日 Day			標準區 C.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
V	29	0																	
VI	8	10																	
	18	20																	
VI	23	25	0																
VII	3	35	10																
	13	45	20																
	23	55	30																
VIII	2	65	40																
	12	75	50																
	22	85	60																
K	1	95	70																
	11	105	80																
	21	115	90																
X	1	125	100																
	11	135	110																
	15	139	114																

Hatching part shows that tree seedlings received complete nutrient solution.

The other part, each of partially complete nutrient solutions.

C. : Control

(6)

したものである。

而して今後ポット番號は同時に之に培養せし樹苗の番號として取扱う事とする。

尙對照の爲、全生育期間標準培養液で培養した標準區と、全生育期間可驗要素を缺く培養液で培養した無窒素區、無燐酸區、無加里區を設けた。

III. 實 驗 結 果

不慮の災害及び實驗結果がどの程度信じ得べきものかを知る爲に標準區のみ 2 個のポットを用意したので、兩者を比較すると第 3 表の如し。

第 3 表 Table 3.

ポット番號 Pot No.	供試木數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	根元直徑 Diameter at root crown (mm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
					全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重 on dry weight
					標準 1 Control 1	5	9.9	12.0	1.56	959.0	706.0	253.0	233.4	183.8	49.6
標準 2 Control 2	5	10.7	10.7	1.37	811.9	653.6	158.0	189.4	160.8	28.6	76.7	75.4	81.9	99.6	562.2
平均 Average	5	10.3	11.4	1.46	885.5	679.8	205.7	211.4	172.3	39.1	76.1	74.7	81.0	90.3	440.7
標準區 1 100%					Percentage of control 2 on control 1 basis										
標準區 2 Control 2	100	108	89	88	85	93	63	81	87	58	101	102	102	121	152

第 3 表に於て、平均の欄の含水率、T/R 率は算術平均に依らず、平均の欄に示された生重量と乾重量及び幹長/根長、乾重量の幹葉/根から算出したものである。

標準區 1 と標準區 2 を比較するに、兩者は根の重量で可成の差を示すのみで、幹長、根長、根元直徑、幹葉の重量ではすべて 10% 内外の差を示すに過ぎない。これを見ると、實驗方法及び材料の項で述べた様な選び方をした樹苗を同一培養液で培養した場合には、種子に依る生育上の差異はそれ程重要視しなくて差支えない様に思われる。

1. 要素缺如に由來する生育状態の差異

窒素、燐酸及び加里を缺く場合カラマツは如何なる生育を示すかを知る爲に、全生育期間無窒素培養液、無燐酸培養液及び無加里培養液で培養した無窒素區、無燐酸區及び無加里區を作つた。此等各區の樹苗の生育状態と標準區の樹苗の生育状態とを比較すれば第 4 表及び第 2 圖の如し。(圖版 I 参照、標準區は標準區 2 を寫せしものなり)

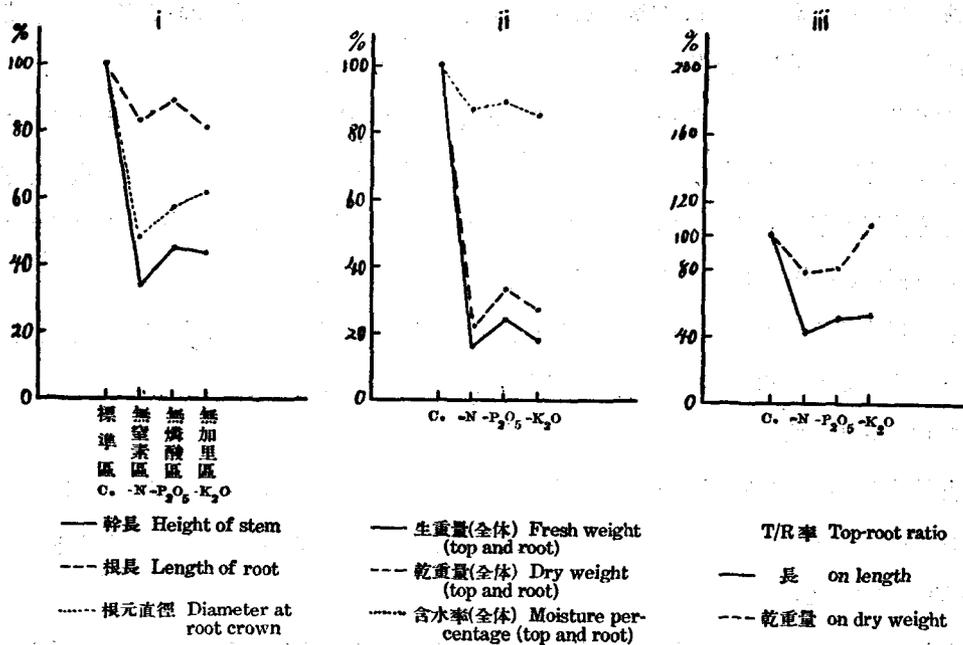
第 4 表 Table 4.

ポット番號 Pot No.	供試木數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	根元直徑 Diameter at root crown (mm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
					全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
					標準區 Control 1	5	10.3	11.4	1.46	885.5	679.8	205.7	211.4	172.3	39.1
無窒素區 -N	5	3.5	9.4	0.70	139.0	99.2	39.8	47.2	36.6	10.6	66.1	63.1	73.4	37.5	345.3
無磷酸區 -P ₂ O ₅	5	4.7	10.1	0.83	212.8	158.8	54.8	69.4	54.2	15.2	67.4	65.7	72.3	46.4	356.6
無加里區 -K ₂ O	2	4.4	9.2	0.89	160.5	116.3	44.3	56.5	46.5	10.0	64.8	60.0	77.4	47.8	465.0

試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

無窒素區 -N	100	34	83	48	16	15	19	22	21	27	87	84	91	42	78
無磷酸區 -P ₂ O ₅	100	45	89	57	24	23	27	33	31	39	89	88	89	51	81
無加里區 -K ₂ O	40	43	81	61	18	17	22	27	27	26	85	80	96	53	106

第 2 圖 Fig. 2



標準區——培養當初より葉色は鮮綠色で土壤中に生育するものと何等差異を認める事が出来ず、その生長は培養開始後 20 日にして無窒素區、無磷酸區、無加里區に明らかに優る。幹の生長は 9 月初旬迄続けられ、中旬に入るも多少生長の傾向が認められる。實驗終了時 10 月

(8)

15日に於て葉色は可成黄色を帯ぶるに至るも、子葉附近の葉も尙枯死したる傾向は認められない。根は培養開始後盛んに伸長し、側根も可成の發生を見るが、7月下旬に至り根の伸長、側根の發生は止り、9月上旬より又側根の發生が見られ、9月下旬に至るも、その伸長が行なわれる。

無窒素區——培養開始後10日迄は前記標準區の樹苗と同様の生育を示すが、15日を経過する頃より窒素缺乏の徴候を示し、幹の生長標準區に劣り、葉色も漸次黄色を帯ぶるに至る。圖版Iに示さるる如く、標準區に於ては幹の先端に着生せる葉は扁平の姿勢を取るに對し、無窒素區は上向直立の姿勢を示す。8月上旬に至れば幹の伸長は止り、9月上旬に至れば子葉附近の葉は枯死の徴候を示し、實驗終了時には完全に枯死して居た。

根は培養開始後20日迄は標準區と殆んど變らないが、側根の發生は殆んど見られず、漸次褐色を呈するに至り、7月下旬に至れば生育は止り、9月上旬標準區に見られる如き側根の新しい發生は見られなかつた。根元直徑は無磷酸區、無加里區に比し細いが、根の先端に至るもその太さは根元直徑に於けると大差なく、所謂圓筒形を示す。

無窒素區は無磷酸區、無加里區に比し、生育最も悪く、幹長は3.5cmで標準區の34%、生重量では16%、乾重量では22%に過ぎない。含水率が標準區の87%である事は生長停止の時期が標準區より早かつた事がその原因の一つであると考えられる。

無磷酸區——培養開始後10日迄は標準區に比して劣らず、20日にして始めて標準區と區別し得る。葉色は漸次暗綠色を呈するに至る。8月中旬に至れば幹の生長は止り、實驗終了時には子葉附近の葉は枯死するも、幹の先端に着生した葉は暗綠色を呈して居た。無磷酸區は無窒素區と同様實驗終了時10月15日迄1本の枯死も見なかつた。

根は培養開始後より7月15日頃迄は標準區と殆んど變らないが、其後根の肥大生長は殆んど示さず、又標準區に見られる如き9月上旬よりの側根の新しい發生も見られなかつた。又根は暗褐色を呈する。

無磷酸區はその生育、無窒素區及び無加里區に優り、幹長は4.7cmで標準區の45%、生重量は24%、乾重量は33%で、重量に於ては無窒素區の1.5倍の生育を示す。含水率は標準區の89%であつた。

無加里區——地上部の生育状態は無磷酸區に類似するも、生長停止の時期は幾分早く、無窒素區と同様8月上旬附近である。葉色は無磷酸區の暗綠色と標準區の鮮綠色の中間の色を呈す。幹の下部に着生する葉の枯死は著しく、實驗終了時にはその一部は落葉して居た。しかし幹の先端に着生した葉は綠色を呈する。

根の生育は無窒素區、無磷酸區に比し最も悪く、培養開始後は主根の伸長を見ただけで、側根は発生しなかつた。生長停止の時期も最も早く、培養開始後 20 日間 7 月中旬にして根の生長は止まつた。しかし 9 月には 2 本の中 1 本が僅かであるが側根を発生した。

無加里區は無窒素區、無磷酸區と異り、カラマツ苗の枯死の危険がある。即ち合計 250 本のカラマツ苗培養に際し、20 本 (内 3 本虫害、2 本不注意に依る傷害) の枯死を見たのであるが、その中 14 本 (内 2 本虫害) が加里試験に集まり、しかも培養開始後 20 日間標準培養液に依る培養、其後實驗終了時迄無加里培養液で培養した 5 號に 2 本、培養開始後 80 日間無加里培養液で、其後標準培養液を給與された 10 號に 2 本及び無加里區に 3 本と集まつたのを考えると、長期に渉る加里缺如は、カラマツ苗の水中培養試験に於ては可成危険であると考えられる。

無加里區は根長及び根の乾重量に於て最小の値を示し、又根元直径は他の無可驗要素區に優る。その他の生育状態は無窒素區と無磷酸區との中間に位する。

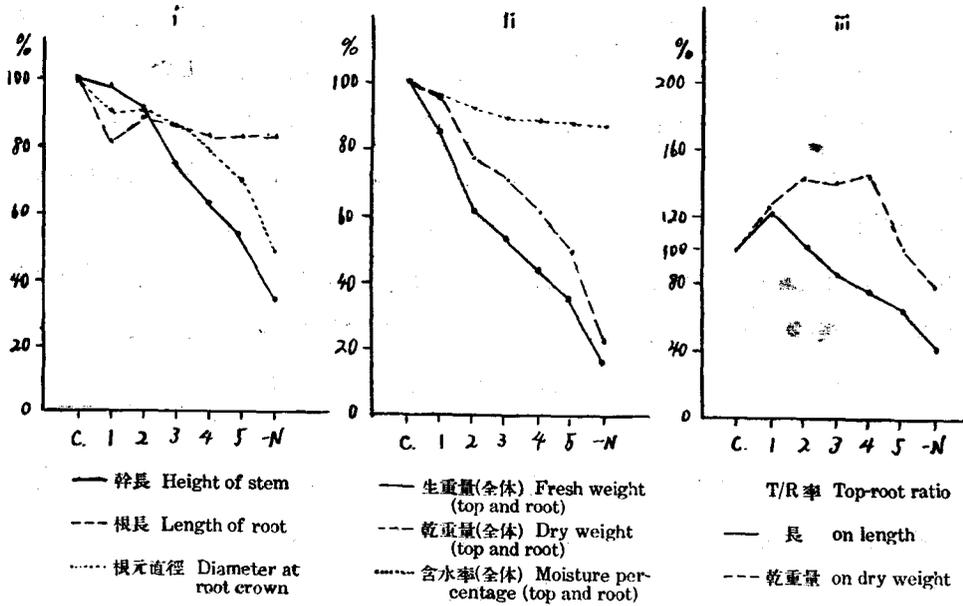
2. 窒素試験

i. 生育の如何なる時期迄窒素を必要とするかを知る爲に、1 號より 5 號に至る 5 個のポットで行つた實驗結果は第 5 表及び第 3 圖の如し。(圖版 II の I 参照)

第 5 表 Table 5

ポット番號 Pot No.	供試本數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	根元直径 Diameter at root crown (mm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
					全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 length	乾重量 on dry weight
					標準區 Control	5	10.3	11.4	1.46	885.5	679.8	205.7	211.4	172.3	39.1
1	5	10.0	9.3	1.33	748.4	619.6	128.8	204.0	173.6	30.4	72.8	72.0	76.4	112.1	561.1
2	5	9.4	10.1	1.33	542.4	453.4	89.0	161.8	139.6	22.2	70.2	69.2	75.1	93.1	628.8
3	5	7.7	9.9	1.28	465.0	376.6	88.4	149.3	128.5	20.8	67.9	65.9	76.5	78.0	617.8
4	5	6.5	9.5	1.15	389.5	316.5	73.0	128.2	110.7	17.5	67.1	65.0	76.0	68.4	632.6
5	5	5.6	9.5	1.04	306.4	234.6	71.8	103.4	84.2	19.2	66.3	64.1	73.3	58.5	438.5
無窒素區 -N	5	3.5	9.4	0.70	139.0	99.2	39.8	47.2	36.6	10.6	66.1	63.1	73.4	37.5	345.3
試験區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis															
1	100	98	81	91	85	91	63	96	100	78	96	96	94	124	127
2	100	92	89	91	61	67	43	77	81	57	92	93	93	103	143
3	100	75	87	88	53	55	43	71	75	53	89	88	94	86	140
4	100	63	83	79	44	47	35	61	64	45	88	87	94	76	144
5	100	54	83	71	35	35	35	49	49	49	87	86	90	65	100
無窒素區 -N	100	34	83	48	16	15	19	22	21	27	87	84	91	42	78

第 3 圖 Fig. 3



1 號より 5 號に至る 5 個のポットに就き觀察するに、1 號を除いた他の 4 個のポットの樹苗は、すべて標準培養液による培養打切後、無窒素培養液で培養が開始されてより、約 20 日間で幹の生長は殆んど認められず、葉色も黄色を帯ぶるに至る。又 3 號、4 號、5 號に於ては葉は標準區と異なり、無窒素區に見られる上向直立の姿勢を取る。4 號、5 號に於ては實驗終了時 10 月 15 日には子葉附近の葉は枯死して居た。

根は 1 號標準區と大差なく、標準區に見られる 9 月以後の側根の發生も、1 號には可成見られたが、2 號、3 號は著しく少く、4 號、5 號は無窒素區と同様新しい側根の發生は見られなかつた。しかし根の色は無窒素區の褐色と、標準區の主根の淡褐色の中間に位する。

幹長に就いて述べれば、培養開始後 70 日間標準培養液で培養し、其後無窒素培養液を給與した 1 號(換言すれば培養開始時より 70 日間だけ窒素給與を受けた 1 號)及び 55 日間標準培養液、其後無窒素培養液を給與した 2 號は各々 10.0cm, 9.4cm で標準區の 98%, 92% を示し、標準區と大差なきも、3 號に至り可成減少し、培養開始後 20 日間だけ標準培養液を給與された 5 號は 5.6cm で、標準區の 54% と約半分の上長生長を示すに過ぎない。しかし無窒素區の 3.5cm, 34% に比すれば可成大きい。

根長は標準區と各號とも大差がない。これは主根の生長のみは僅か 20 日間の窒素給與で充分な事を示す。しかし、カラマツ苗の主根の生長のみは、觀察結果によると、むしろ種子中に内蔵するエネルギーによつて決定される様な感がある。

根元直徑は1號2號共に1.33 mmで標準區の91%を示し最大で、3號4號の順に漸次減少し、5號は1.04 mmで標準區の71%を示し最小である。しかし無窒素區の0.70 mmに比すれば著しく大きい。

生長量及び乾重量では、幹長及び根元直徑で1號及び標準區と大差のない生育を示した2號が急激な減少を示し、1號は生重量では標準區の85%、乾重量では96%であるに反し、2號では生重量で61%、乾重量では77%と、1號と約20%内外の差を示す。生乾重量は1號2號の順に減少し、5號最低で、生重量では標準區の35%、乾重量では49%で、共に標準區の半分以下の生育を示すのみである。しかし無窒素區のそれに比すれば、生、乾重量共2倍以上の数値を示す。

生、乾重量に於て、5號の根が幹葉と同様標準區の49%を示す外は、各號共すべて幹葉に比して悪く、乾重量に於ける幹葉が標準區と同様の數値を示す1號にして既に根は標準區の78%で可成劣る。

含水率は1號2號の順に減少し、3號迄はその減少度合は可成大きいが、3號4號5號の間には大差なく、5號最小で、無窒素區同様標準區の87%である。

根の含水率は1號より4號迄差なく、標準區の93%より94%の間にあり、5號標準區の90%で最小である。しかして標準區を100として見た場合1號以外は、根の含水率は幹葉のそれよりすべて高くなつて居る。

T/R率の長では1號2號の順に減少し、1號2號は標準區より高く、1號標準區の124%で最大、5號標準區の65%で最小である。T/R率の乾重量では1號より4號迄、すべて標準區より高く、2號3號4號は殆んど差なく、4號最大で標準區の144%である。5號に至り急激に減少し、標準區と同じ數値を示す。これは地上部と地下部の生育状態が異なる爲であろうと思われる。即ち地上部は栄養給與が充分であるならば、生育初期より後期に至る迄休みなく生長するに反し、地下部即ち根は生育中期7月下旬より8月下旬に至る間に、その生育一時劣える爲であろうと思われる。培養開始時より20日間だけ窒素給與を受けた5號は、窒素を地上部と地下部に適當な割合で使用したに反し、2號3號4號は根の生長劣える直前迄及び劣えた時期にも窒素給與を受けた爲、主として窒素を地上部の生長に用いた爲であろうと思われる。

これらの結果を見るに、窒素はカラマツ苗の外部形態即ち幹長、根長、根元直徑の完成の爲には培養開始時6月23日より55日間の給與で充分であるが、樹苗の重量生長完成の爲には70日を要すると思われる。

ii. 生育初期如何なる時期迄窒素を缺くもカラマツ苗の生育に支障を來す事無きかを知る

爲に6號より10號に至る5個のポットで行つた實驗結果は、第6表及び第4圖の如し。(圖版IIの2参照)

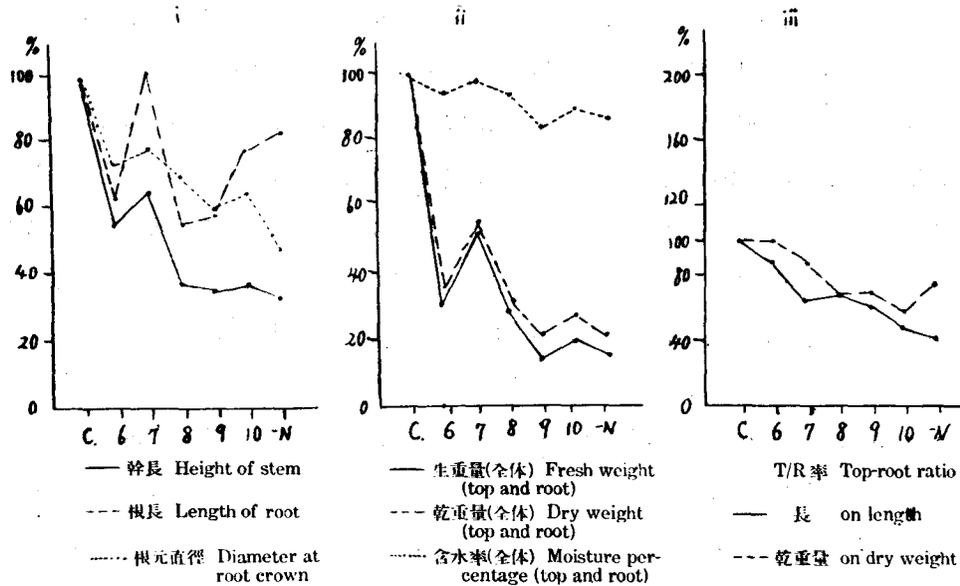
第 6 表 Table 6

ポット番號 Pot No.	供試本數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	根元直徑 Diameter at root crown (mm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
					全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
					標準區 Control	5	10.3	11.4	1.46	885.5	679.8	205.7	211.4	172.3	39.1
6	5	5.7	7.2	1.08	279.4	216.8	62.6	76.8	62.6	14.2	72.5	71.1	77.3	79.7	440.8
7	5	6.8	11.6	1.15	481.7	359.0	122.7	118.5	94.2	24.3	75.4	73.8	80.2	58.2	337.0
8	5	3.9	6.3	1.02	254.4	177.4	77.0	70.4	52.8	17.6	72.3	70.2	77.2	61.5	300.0
9	5	3.7	6.6	0.87	129.1	93.4	35.7	46.4	35.6	10.8	64.1	61.9	69.8	55.9	303.4
10	5	4.0	8.9	0.96	187.9	123.3	64.6	59.0	42.4	16.6	68.6	65.6	74.3	44.5	255.4
無窒素區 -N	5	3.5	9.4	0.70	139.0	99.2	39.8	47.2	36.6	10.6	66.1	63.1	73.4	37.5	345.3

試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

6	100	56	63	74	32	32	30	36	36	36	95	95	95	88	100
7	60	66	102	79	54	53	60	56	55	62	99	99	99	64	88
8	100	38	56	70	29	26	37	33	31	45	95	94	95	68	68
9	100	36	58	60	15	14	17	22	21	28	84	83	86	62	69
10	100	38	78	66	21	18	31	28	24	42	90	88	92	49	58
無窒素區 -N	100	24	83	48	16	15	19	22	21	27	87	84	91	42	78

第 4 圖 Fig. 4



6 號より 10 號に至る 5 個のポットに就き觀察するに、培養開始時より 20 日間、即ち發芽後 45 日間の窒素缺如により著しく生育劣る事である。生育初期の窒素缺如により、6 號は初めて窒素給與を受けた 7 月 13 日には既に葉色は黄色であつた。この黄色の恢復は遅く、約 1 箇月間の窒素給與後初めて標準區と同様の鮮綠色に復した。これは 7 號 8 號及び次の項で述べる 11 號 12 號 13 號の窒素の給與を受けてより約 20 日後に葉色が鮮綠色に復するのに比すれば約 10 日遅い。生育初期の窒素缺如に依り、後にこれが與えられるも、根が窒素を吸収する事が困難な状態に變化するものか、或はたとえ吸収されたとしても、窒素を使用する事が困難な状態に細胞が變化するものか、燐酸試験、加里試験に於て、生育初期の燐酸及び加里の缺如により生長一時衰えるも、これが給與により直ちに生長を恢復するに比すれば、洵に興味ある問題であると言わねばならない。

9 號 10 號は培養開始後 65 日及び 80 日目より窒素の給與を受けたのであるが、地上部は殆んど見るべき生長を示さざる内に休眠期に入り、葉は無窒素區同様直立上向の姿勢を取り、葉の黄色は恢復せず、10 月 15 日には子葉附近の葉は、それぞれ 5 本とも枯死して居た。根は無窒素區と異なり、9 號 10 號とも各 5 本中 2 本づつであるが 9 月に入つて側根の發生を見た。又根頸附近の肥大生長も多少認められた。

7 號は 5 本中 2 本が生理的障害に依り枯死した。

幹長に就いて觀察するに、6 號は 5.7 cm で標準區の約半分である。最大は 7 號の 6.8 cm で標準區の 66% である。8 號 9 號 10 號は無窒素區と殆んど變らず、それぞれ標準區の 38%、36%、38% である。

根長は 6 號 8 號 9 號可成短く、最小は 8 號の 6.3 cm、標準區の 56% で、最大は 7 號の 11.6 cm、標準區の 102% である。

根元直徑では 6 號より 10 號迄の 5 個のポットは標準區の 60% より 80% の間にある。最大は 7 號の 79% である。幹長に於て無窒素區と殆んど同様の生長より示さない 9 號 10 號が根元直徑では標準區の 60%、66% で、無窒素區の 48% に比し可成の差がある。

生、乾重量では 6 號 7 號 8 號は無窒素區に比し可成の生育を示し、窒素給與の影響を知るが、標準區に比すれば生重量では、それぞれ標準區の 32%、54%、29%、乾重量では 36%、56%、33% で、標準區の半分に達するものは 7 號のみである。9 號 10 號は無窒素區と殆んど變らない。生、乾重量に就いて幹葉と根の割合を見るに、前の項で述べた 1 號より 5 號に至る 5 個のポットと全く反對の傾向を示す。即ち幹葉の試験區比數は根の試験區比數に比して小さい。これは乾重量の T/R 率によつて知られる。

含水率は6號7號8號は標準區と大差なく、その試験區比數はそれぞれ95%、99%、95%である。これは生長停止の時期が標準區と殆んど同じであつたからと考えられる。9號10號では無窒素區の試験區比數87%と大差のない84%、90%を示す。

T/R率の長に就いて觀察するに、大體6號7號8號の順に減少して居る。最大は6號の88%、最小は10號の49%である。T/R率の乾重量に就いては、長さに於けるT/R率と殆んど同様の傾向を示す。生育初期の窒素缺如は地下部より地上部に、より強い抑制作用を及ぼす爲であろうと考えられる。

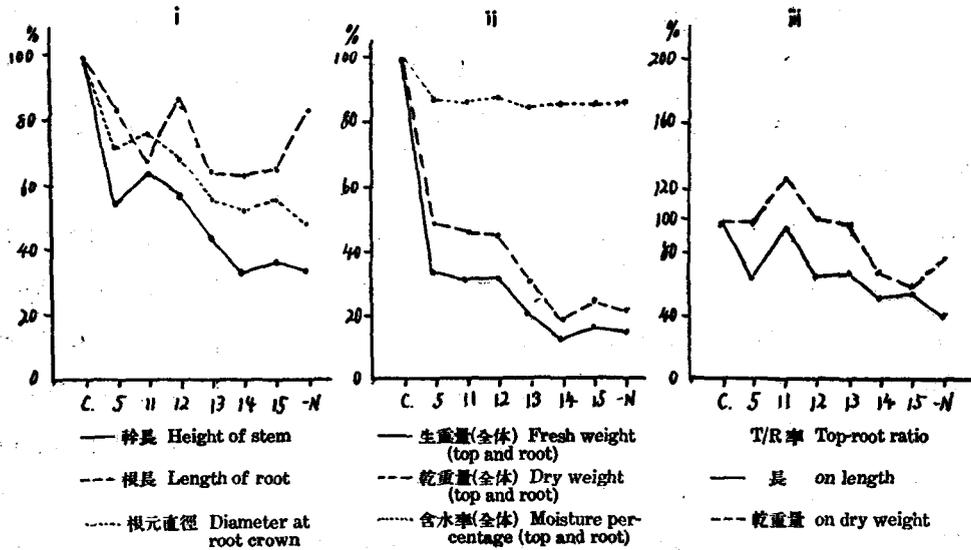
これらの結果を見るに、6號の多少正常ならざる生育状態を考慮するとしても、生育初期の窒素缺如はカラマツ苗の正常な生長には不適當であると考えざるを得ない。

iii. 生育の如何なる時期に給與した窒素が、カラマツ苗の生長に最も有効に利用されるかを知る爲に5號及び11號より15號に至る5個のポット、計6個のポットで行つた實驗結果は第7表及び第5圖の如し。(圖版IIの3参照)

第7表 Table 7

ポット番號 Pot No.	供試本數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	根元直徑 Diameter at root crown (mm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top:root ratio	
					全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
標準區 Control	5	10.3	11.4	1.46	885.5	679.8	205.7	211.4	172.3	39.1	76.1	74.7	81.0	90.3	440.7
5	5	5.6	9.5	1.04	306.4	234.6	71.8	103.4	84.2	19.2	66.3	64.1	73.3	58.5	438.5
11	5	6.6	7.6	1.11	281.4	229.4	52.0	96.2	81.8	14.4	65.8	64.4	72.7	88.6	538.1
12	5	6.0	10.0	0.99	295.4	230.2	65.2	98.1	80.3	17.8	66.8	65.1	72.7	59.5	451.1
13	5	4.6	7.3	0.82	187.4	144.4	43.0	65.6	53.4	12.2	65.0	63.0	71.6	62.1	437.7
14	5	3.4	7.1	0.76	116.8	84.5	32.3	40.3	30.3	10.0	65.5	64.2	69.1	47.8	303.0
15	5	3.8	7.4	0.82	154.2	102.6	51.6	52.8	38.2	14.6	65.8	62.8	71.7	50.5	261.6
無窒素區 -N	5	3.5	9.4	0.70	139.0	99.2	39.8	47.2	36.6	10.6	66.1	63.1	73.4	37.5	345.3
試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis															
5	100	54	83	71	35	35	35	49	49	49	87	86	90	65	100
11	100	64	67	76	32	34	25	46	47	37	86	86	89	98	129
12	100	58	87	68	33	34	32	46	47	46	88	87	90	66	102
13	100	44	64	56	21	21	21	31	31	31	85	84	88	69	99
14	100	33	63	52	13	12	16	19	18	26	86	86	85	53	69
15	100	37	65	56	17	15	25	25	22	37	86	84	89	56	59
無窒素區 -N	100	34	83	48	16	15	19	22	21	27	87	84	91	42	78

第 5 圖 Fig. 5



11 號は生育初期の窒素缺如により葉色は黄色を帯びる。培養開始後 15 日目にして標準培養液の給與を受けたのであるが、葉色は 20 日間の標準培養液に依る培養が終る頃より漸次鮮綠色を呈し、葉長も長くなつた。同時にこの頃より幹の上生長も再び盛んとなり、再び無窒素培養液を給與されたにかかわらず、この状態が約 20 日間続いた。しかし根は見るべき生長を示さなかつた。12 號に就いても同様の事が云える。13 號も同様であるが 13 號は 5 本中 2 本が 20 日間の窒素給與に依り可成の生長を示し、葉色も鮮綠色に恢復したが、他の 3 本は見るべき生長を示さず、葉の黄色の恢復も充分でなかつた。8 月 17 日及び 9 月 1 日より 20 日間窒素給與を受けた 14 號 15 號は何等の變化を示さず、無窒素區と同様の生育状態を示して居た。13 號の一部及び 14 號、15 號は實驗終了時 10 月 15 日には子葉附近の葉は完全に枯死して居た。

幹長に就いて觀察するに、7 月 8 日より 7 月 28 日迄窒素給與を受けた 11 號が 6.6 cm で標準區の 64% を示し最大である。次で 12 號 5 號の順となる。14 號 15 號はそれぞれ 3.4 cm, 3.8 cm で無窒素區の 3.5 cm に比し、殆んど差がない。

根長に於ては、11 號 13 號 14 號 15 號の各ポットの樹苗は 7.3 cm 前後の數値を示し、殆んど差なく、標準區の 63% より 67% の間にあり可成短い。5 號 12 號は無窒素區と殆んど差なく、標準區の 83%, 87% である。

根元直径は 11 號標準區の 76% で最大で、5 號これに次ぎ、13 號に至り急激に減少し、無窒素區と大差のない數値を示す。

生、乾重量に就いて観察するに、5號 11號 12號殆んど同様の生長を示し、生重量では306 mg より 281 mg の間にあり、乾重量では 103 mg より 96 mg の間に存在し、それぞれ 25 mg 7 mg の差を示すのみである。13號に至り急激に減少し、生重量では標準區の 21%、乾重量では 31% である。しかし無窒素區の 16%、22% に比すれば可成大きい。14號 15號は無窒素區と殆んど同様の數値を示す。

含水率全體では 6 個のポットは標準區の 85% より 88% の間にあり、幹葉では 84% より 87% の間、根では 85% より 90% の間にあり、各ポットの間には殆んど差が認められない。

T/R 率 乾重量の T/R 率に就いて観察するに、主根の生長及び側根の發生の停止した時期に窒素給與を受けた 11號 12號は T/R 率標準區に比して高く、8月2日以後に 20 日間づつ窒素給與を受けた 13號 14號 15號は標準區に比して低く、14號 15號は無窒素區より低い 69%、59% の試験區比數を示す。

以上の結果を見るに、カラマツ苗の外部形態に窒素が最も有効に作用する時期は 7月8日より 7月28日迄の 20 日間であり、この時期に窒素給與を受けた 11號が最も良い生育を示した事を知る。又カラマツ苗の重量生長の爲には、5號 11號 12號が殆んど同様の生育状態を示す事を考えれば、その時期は 6月23日より、12號の 20 日間の窒素給與を終了した 8月12日の間にあると考えられる。

以上窒素試験全體に涉り観察するに、カラマツ種子發芽後 25 日目 6月23日より培養液による培養を開始した場合、カラマツ苗は 6月23日より 55 日間、即ち 8月17日迄窒素給與を受ける事に依りその外部形態の完成を見るが、重量増加の爲には更に 15 日間即ち 70 日間の窒素給與を受ける必要がある。しかして給與した窒素が最も有効にカラマツ苗の外部形態に作用する時期は 7月8日より 20 日間窒素を給與した場合であり、重量増加の爲には 6月23日、7月8日、7月23日より 20 日間窒素の給與を受けた樹苗が同様に最良の生育を示して居る。又生育初期窒素を缺如せる培養液で培養された樹苗の生育は非常に悪い。しかして 8月下旬以後に窒素の給與を受けた 9號 10號及び 14號 15號の樹苗は何等有効な生育を示さなかつた。

窒素給與の時期如何は生育の停止時期、即ち休眠期に入る速さに關係する様に思われる。1號より 5號に至る 5 個のポットに就いて観察すれば、培養開始時より 20 日間だけ窒素給與を受けた 5號最も早く休眠期に入り、以下 4號 3號 2號 1號の順となり、含水率も休眠期に入る時期の速さに従い減少する。生育初期窒素を缺き、其後實驗終了時迄窒素の給與を受けた 6號 7號 8號は標準區と同様遅く迄葉は綠色を呈し、その含水率も標準區と殆んど差がない。9號 10號は生育初期の可成長い期間の窒素缺如に依り、葉の黄色は恢復せず、幹の上長生長は

見られず、ただ根が僅に側根を発生したのみである。8月17日及び9月1日より20日間だけ窒素給與を受けた14號15號に就いても同様の事が言える。

一般に窒素の多量の給與は樹苗を軟弱にする事は良く知られた事實であり、且つ生育後期の施肥は生長停止の時期を遅らせる結果となり、寒冷地に於ける育苗の場合には充分考慮する必要がある。

しかして實驗結果を見るに、窒素は生育初期より70日間9月1日迄の給與で充分である事を考えるならば、それ以後に於ける窒素給與は有害無益であると斷定せざるを得ない。寒害の危険がある場合は生育が多少不完全であつても窒素給與の時期を早く切上げるべきであらうと考える。

3. 磷酸試驗

i. 生育の如何なる時期迄磷酸を必要とするかを知る爲に1號より5號に至る5個のポットで行つた實驗結果は第8表及び第6圖の如し。(圖版IIIの1参照)

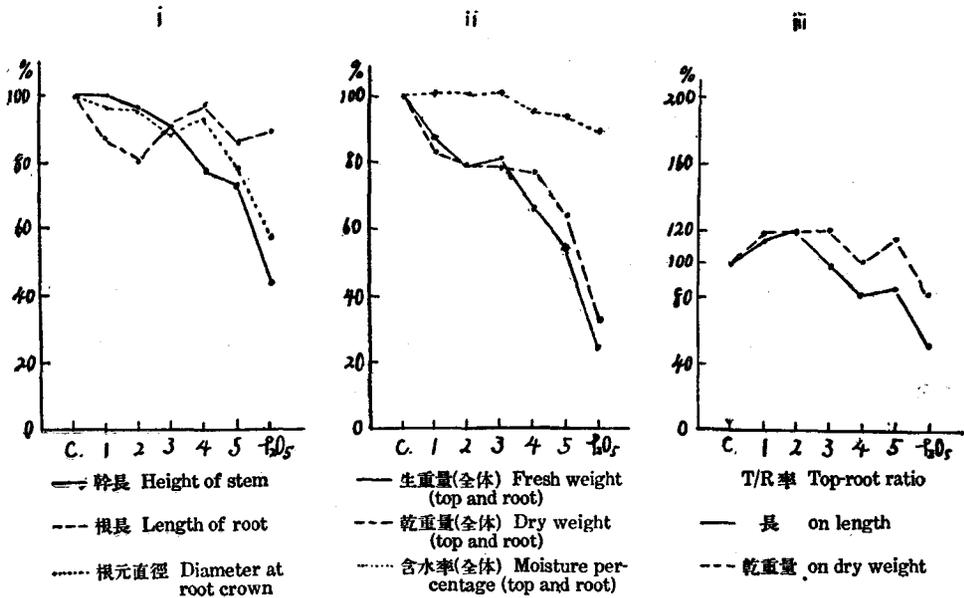
第8表 Table 8

ポット番號 Pot No.	供試木數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	根元直徑 Diameter at root crown (mm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
					全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
					標準區 Control	5	10.3	11.4	1.46	885.5	679.8	205.7	211.4	172.3	39.1
1	5	10.3	10.0	1.40	768.3	602.6	165.7	174.9	146.6	28.3	77.2	75.7	82.9	103.4	518.0
2	4	9.9	9.1	1.39	702.8	555.0	147.8	167.0	140.3	26.8	76.2	74.7	81.9	108.5	524.3
3	5	9.4	10.4	1.28	720.4	585.0	135.4	168.0	141.2	26.8	76.7	75.9	80.2	90.2	526.9
4	3	8.1	11.1	1.36	596.0	462.8	133.2	163.5	133.3	30.2	72.6	71.2	77.3	72.7	442.0
5	5	7.5	9.8	1.16	473.8	381.0	92.8	135.8	113.4	22.4	71.3	70.2	75.9	76.8	506.3
無磷酸區 -P ₂ O ₅	5	4.7	10.1	0.83	212.8	158.0	54.8	69.4	54.2	15.2	67.4	65.7	72.3	46.4	356.6

試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

1	100	100	87	96	87	89	81	83	85	92	101	101	102	115	118
2	80	96	80	95	79	82	72	79	81	69	100	100	101	120	119
3	100	91	91	88	81	86	66	79	82	69	101	102	99	100	120
4	60	78	97	93	67	68	65	77	77	77	95	95	95	81	100
5	100	73	86	79	54	56	45	64	66	57	94	94	94	85	115
無磷酸區 -P ₂ O ₅	100	45	89	57	24	23	27	33	31	39	89	88	89	51	81

第 6 圖 Fig. 6



1 號より 5 號に至る 5 個のポットに就いて觀察するに、培養開始時 6 月 23 日より 20 日間 磷酸の給與を受けた 5 號にして、無磷酸區のカラマツ苗に見られる如き葉の暗綠色は實驗終了 時迄殆んど見られなかつた。又生長も 7 月 13 日磷酸給與打切時より 20 日後 8 月 2 日頃迄は標 準區と殆んど差のない生育を示し、以後生長衰ろえ始め、8 月 22 日頃より標準區と明かな差が 認められる様になつた。實驗終了時 10 月 15 日に至るも葉は褪色するが枯死、落葉するに至ら ず、又 9 月以後に標準區に見られる側根の新しい發生も、5 號に於て見る事事が出来る。發 生量は僅少であるが、5 本共發生した。4 號に於ては標準區との明らかな差は 9 月 1 日に至り 始めて認められ、9 月以後の側根の發生は 5 號に比し僅かに多い程度であつた。又 4 號は培養 苗 5 本中 2 本が生理的障害により、9 月 26 日、10 月 5 日に枯死した。培養開始時より 40 日 55 日 70 日間磷酸給與を受けた 3 號 2 號 1 號は 實驗終了時迄外觀的には標準區と區別出来ない 生育を示し、9 月以後に見られる側根の發生も可成多かつた。2 號は 5 本中 1 本が 10 月 1 日 不注意に依る傷害の爲枯死した。

幹長に就いて觀察するに、1 號 2 號 3 號はそれぞれ 10.3 cm, 9.9 cm, 9.4 cm で標準區の 10.3 cm に比し大差なく、4 號に至り始めて見るべき差を示し、標準區の 78% であつた。5 號 は 4 號と大差なく 7.5 cm で 73% を示す。

根長に就いては各ポット間の差は少い。

根元直径は 3 號 5 號が標準區の 90% 以下を示すのみで、他は標準區と大差なく、最小の

5 號に於ても 1.16 mm, 79% で無磷酸區の 0.83 mm, 57% に比すれば約 1.5 倍である。

生, 乾重量は, 幹長, 根元直徑に於て標準區と殆んど差がない 1 號 2 號に於ても可成りの減少を見る。即ち 1 號は生, 乾重量の全體に於て標準區の 87%, 83% であり, 2 號では 79%, 79% である。3 號は 2 號と殆んど變らず, 5 號に至り標準區の 70% 以下となるが, 無磷酸區に比すれば尙 2 倍の生長を示して居る。

含水率は 1 號 2 號 3 號標準區と殆んど同じ數値を示す。即ち全體の試験區比數は 101%, 100%, 101% である。標準區に比し生長停止時期の可成早かつた 5 號に於てすら 94% で, 窒素試験の (i) の結果と非常に異なる。磷酸或は加里を缺く土壤中に生育せる樹苗が軟弱な生長を示す事は, 實際家の良く知る所であるが, 含水率のこの結果にもそれが良く現われて居る様に思われる。

乾重量の T/R 率に就いて觀察するに, 各ポット共標準區との差は少ない。即ち標準區の 120% より 100% の間に各數値が存在する。これは給與された磷酸を貯藏し, 9 月以後の新しい根の生長に利用する爲であろうと考えられる。根の生長停止時期に窒素の給與を受けた窒素試験 4 號のポットが 9 月以後に何等見るべき根の生長を示さず, T/R 率 144% を示す事に比較し考えるならば, 洵に興味ある問題と言わねばならない。

以上の結果を見るに, 發芽後 25 日目 6 月 23 日より培養液に依る培養を開始した本研究では, カラマツ苗の外部形態完成の爲には, 6 月 23 日より 40 日間 8 月 2 日迄の磷酸給與で充分である事を知つたが, 重量増加の爲にも 40 日程度で充分である様に考えられる。

ii. 生育初期如何なる時期迄磷酸を缺くもカラマツ苗の生育に支障を來す事無きかを知る爲に 6 號より 10 號に至る 5 個のポットで行つた實驗結果は第 9 表及び第 7 圖の如し。(圖版 III の 2 参照)

6 號より 10 號に至る 5 個のポットのカラマツ苗の生育状態を觀察するに, 6 號に於ては培養開始時 6 月 23 日より 20 日間, 發芽時より 45 日間の磷酸缺如により, 7 月 13 日磷酸給與を受けた時期には既に標準區に比しその生育明かに劣り, 葉色も無磷酸區同様暗綠色を呈して居た。磷酸給與を受けてより 5 日にして一時衰えた生長再び恢復するも標準區の生長速度に比すれば劣る。しかし磷酸給與後 20 日に至れば, その生長速度標準區と同様なるか, 或は反對に優れて居る様な傾向を示す。根の生長状態は標準區のそれに比し, 何等變化が見られない。7 號 8 號に於ても, 磷酸給與後 5 日にして既に磷酸のカラマツ苗生長に及ぼす影響を知る。これは窒素試験に於て生育初期窒素を缺く培養液で培養したカラマツ苗が, 其後窒素給與を受くも, 樹苗は何等反應を示さず, 給與後 20 日を經過して後初めてその影響を知るに比すれば,

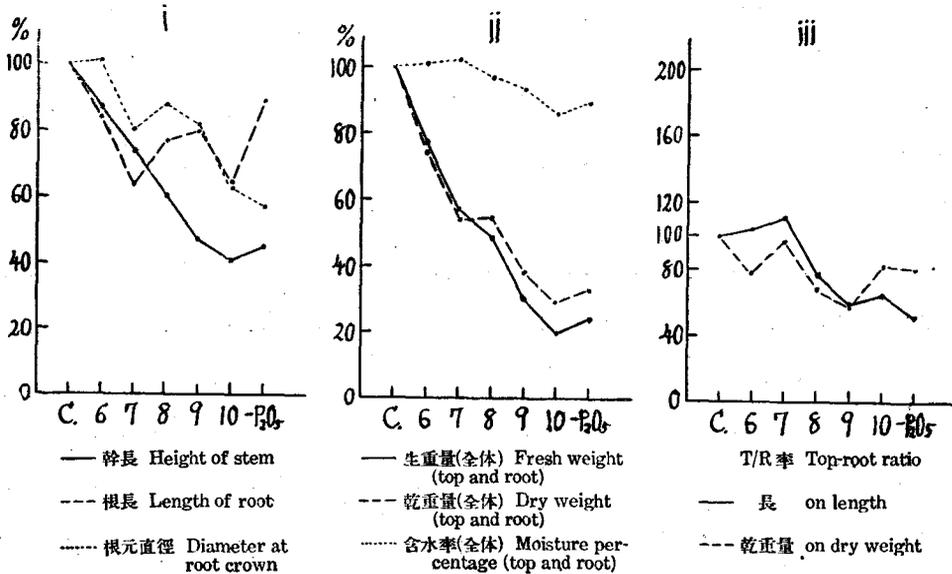
第 9 表 Table 9

ポット番號 Pot No.	供試 本數 No. of tree seedlings studied	幹 長 Height of stem (cm)	根 長 Length of root (cm)	根元直徑 Diameter at root crown (mm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
					全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
					標準區 Control	5	10.3	11.4	1.46	885.5	679.8	205.7	211.4	172.3	39.1
6	5	9.0	9.6	1.48	682.2	478.7	203.5	159.2	123.5	35.7	76.7	74.2	82.5	93.9	345.9
7	5	7.7	7.6	1.17	500.9	381.4	119.5	113.7	92.2	21.5	77.3	75.7	82.0	101.3	428.8
8	5	6.1	8.7	1.29	437.4	311.4	126.0	115.4	86.6	28.8	73.6	72.2	77.1	70.4	300.7
9	5	4.9	9.1	1.20	269.8	171.8	98.0	79.4	56.8	22.6	70.6	66.9	76.9	53.5	251.3
10	5	4.3	7.3	0.92	174.2	132.0	42.2	60.8	47.6	13.2	65.1	63.9	68.7	58.7	360.6
無磷酸區 -P ₂ O ₅	5	4.7	10.1	0.83	212.8	158.0	54.8	69.4	54.2	15.2	67.4	65.7	72.3	46.4	356.6

試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

6	100	87	84	101	77	70	99	75	72	91	101	99	102	104	78
7	100	74	64	80	57	56	58	54	54	55	102	101	101	112	97
8	100	60	77	88	49	46	61	55	50	74	97	97	95	78	68
9	100	47	80	82	30	25	48	38	33	58	93	90	95	59	57
10	100	41	64	63	20	19	21	29	28	34	86	86	85	65	82
無磷酸區 -P ₂ O ₅	100	45	89	57	24	23	27	33	31	39	89	88	89	51	81

第 7 圖 Fig. 7



著しい相違である。9號に於ては培養開始後65日目に初めて磷酸の給與を受けたのであるが、給與に依り幹の上長生長は何等見るべき變化を示さず、ただ幹の肥大生長は著しく、又9月以後可成の新しい側根の發生を見た。10號では磷酸給與により何等影響を受けず、無磷酸區と同様の生長経過を示し、9月以後の新しい側根の發生は1本を除いた他の4本の樹苗には見る事が出来なかつた。しかして9號10號は僅少であるが子葉附近の葉は實驗終了時10月15日に枯死して居た。

幹長に就いて觀察するに、培養開始後20日間、發芽後45日間磷酸を缺如せる培養液で培養された6號は9cmで標準區の87%で最大、次で7號8號の順に減少し、9號10號は無磷酸區と殆んど變らない。

根長は7號10號可成短く、6號8號9號の間には殆んど差がない。

根元直徑は6號1.48mmで標準區の1.46mmに優り、7號8號9號はそれぞれ標準區の80%、88%、82%で大體類似し、10號は無磷酸區の57%と大差のない63%を示す。

生、乾重量に就いて見るに、6號で既に生重量全體では標準區の77%、乾重量全體では75%で標準區に比し可成劣る。しかし根に於ては標準區と殆んど差なく、生重量では99%、乾重量では91%である。7號8號の間には殆んど差なく共に標準區の約半分の生育を示して居る。9號と無磷酸區に於ける差は幹葉に於ては殆んど見受けられず、ただ根が生、乾重量共無磷酸區の1.5倍の生育を示して居るのみである。

含水率は6號7號8號標準區と殆んど差なく、9號に至り減少を見るが、無磷酸區より試験區比數で4%高く、幹葉では2%、根では6%高い。10號は無磷酸區より3%低い試験區比數86%を示した。

T/R率の長に就いて觀察するに、最大は7號の標準區の112%、次で6號8號の順となり、9號10號は標準區に比し40%内外低い。乾重量のT/R率を見るに、各ポットを標準區に比して可成低い數値を示す。これを生育初期の磷酸缺如は地下部よりも地上部に一層強い生長抑制作用を及ぼす結果と考えられ、6號の樹苗の肉眼的觀察に依ると、根は生育の初期より殆んど標準區と同様の生長経過を示すに反し、幹の上長生長は培養開始時より20日間の磷酸缺如に依り可成抑制された事からも察知出来る。

これ等の結果を觀察するに、培養開始後20日間、發芽後45日間の磷酸缺如で生長は可成抑制され、9月11日以後の磷酸給與はカラマツ苗の生育には何等の影響を及ぼさざる事を知る。8月27日以後の給與に於ては、磷酸は幹の上長生長には影響なきも、幹の肥大生長の爲には未だ可成の影響力を有し、且つカラマツ苗の9月以後の側根の發生にも可成の効果を有す。

iii. 如何なる時期に給與した磷酸がカラマツ苗の生育に最も有効に利用されるかを知る爲に、5號及び11號より15號に至る5個のポット、計6個のポットで行つた實驗結果は第10表及び第8圖の如し。(圖版IIIの3参照)

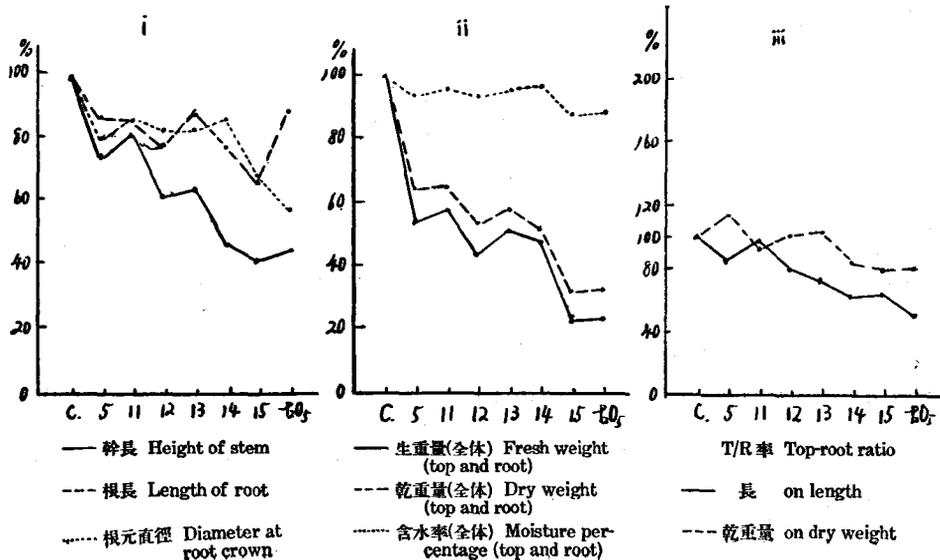
第10表 Table 10

ポット番號 Pot No.	供試本數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	根元直徑 Diameter at root crown (mm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
					全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
					標準區 Control	5	10.3	11.4	1.46	885.5	679.8	205.7	211.4	172.3	39.1
5	5	7.5	9.8	1.16	473.8	381.0	92.8	135.8	113.4	22.4	71.3	70.2	75.9	76.8	506.3
11	5	8.5	9.7	1.26	511.6	384.6	127.0	137.7	110.1	27.6	73.1	71.4	73.3	87.2	398.9
12	4	6.3	8.7	1.20	339.0	306.9	82.1	111.8	91.3	20.5	71.3	70.3	75.0	72.2	445.1
13	5	6.6	10.1	1.20	458.0	347.8	110.2	123.6	101.4	22.2	73.0	70.8	79.9	65.2	456.8
14	5	4.9	8.7	1.26	422.4	268.9	153.5	110.5	80.7	29.8	73.8	70.0	80.6	55.7	370.8
15	5	4.3	7.5	1.00	207.3	151.3	56.0	68.2	53.2	15.0	67.1	64.8	73.2	57.6	354.7
無磷酸區 -P ₂ O ₅	5	4.7	10.1	0.83	212.8	158.0	54.8	69.4	54.2	15.2	67.4	65.7	72.3	46.4	356.6

試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

5	100	73	86	79	54	56	45	64	66	57	94	94	94	85	115
11	100	82	85	86	58	57	62	65	64	71	96	96	97	97	91
12	80	61	77	82	44	45	40	53	53	52	94	94	93	80	101
13	100	64	88	82	52	51	54	58	59	57	96	95	99	72	104
14	100	47	77	86	48	40	75	52	47	76	97	94	100	62	84
15	100	42	66	68	23	22	27	32	31	38	88	87	90	64	80
無磷酸區 -P ₂ O ₅	100	45	89	57	24	23	27	33	31	39	89	88	89	51	81

第8圖 Fig. 8



5 號及び 11 號より 15 號に至る 5 個のポット計 6 個のポットに就いて觀察するに、6 月 23 日より 20 日間磷酸給與を受けた 5 號は 磷酸給與打切後 20 日間 8 月 2 日頃迄は標準區と同様の生長經過を示し、其後次第に生長衰え、8 月 22 日頃には標準區と明かに區別し得た。11 號は 7 月 8 日より 20 日間磷酸給與を受けたのであるが、生育初期の磷酸缺如に依り、磷酸給與後もその生長 5 號に劣り、7 月 23 日前後に幹長の差最大に達したが、以後生長速度増大し、8 月下旬には 5 號と外部形態的には何等相違のない生育を示して居た。12 號 13 號は磷酸給與の時期が遅い爲、5 號 11 號の幹長に達する事は出来ないが、幹の肥大生長は何等の差を見出し得ない。14 號は幹の上長生長は磷酸給與に依つて殆んど影響を受けざるも、幹の尖端に着生した葉は下部のものに比し著しく長くなり、葉色も正常な鮮綠色に恢復する。又幹の肥大生長も著しい。15 號は磷酸の給與を受けるも何等の影響を示さず、無磷酸區と同様の生長經過を示し、實驗終了時には葉附近の葉は枯死して居た。ただ僅かであるが 9 月に入つて新しい側根の發生を見た。これは無磷酸區と異なる。

根に就いて云えば、9 月に入り新しく發生する側根は 5 號 11 號より 14 號に至る順に増加し、14 號に於ては標準區と殆んど差のない生育状態を示して居る。

幹長は 11 號 8.5 cm で標準區の 82% に達し最大である。次で 5 號 13 號の順となり、14 號 15 號は無磷酸區と殆んど變らず、最小は 15 號の 4.3 cm 標準區の 42% である。

根長は 15 號 7.5 cm で標準區の 70% 以下の數値を示すのを除けば、他の 5 個のポット間には大きな差異は認められない。最大は 13 號の 10.1 cm 標準區の 88% である。

根元直径は 5 號及び 11 號より 14 號に至る 4 個のポット計 5 個のポット間には殆んど差がない。即ち 1.16 mm より 1.26 mm の間にあり、その差は 0.1 mm に過ぎない。幹長に於て無磷酸區と殆んど差を示さない 14 號が根元直径 1.26 mm で無磷酸區のそれの約 1.5 倍強の數値を示す事は興味ある問題である。磷酸給與の最も遅い 15 號に至り根元直径が急に減少し標準區の 68% を示すが、尙無磷酸區の 0.83 mm 標準區の 57% に比すれば可成の差がある。

生重量では 11 號最大で、生重量全體では次位に位する 5 號に約 40 mg 優るが、その差は主として根に於て見られ、幹葉では 3.6 mg の差を示すのみである。幹長に於て無磷酸區と殆んど異なる 14 號生重量全體では 422.4 mg で前者の 2 倍である。根では 9 月以後最も多量の側根の發生を見た 14 號が 153.5 mg 標準區の 75% で最良の生育を示し、次で 11 號 13 號の順となる。15 號は無磷酸區に比して何等差が認められない。

乾重量では生重量同様 11 號が最良であるが 5 號との差は約 2 mg で、幹葉では 5 號が反つて 3 mg 程度良い生育を示す。15 號以外の 5 個のポットの間には試験區比數で 10% 内外の差が

(24)

存在するに過ぎない。

含水率に就いて観察すると、15號以外の5個のポットは標準區の94%より97%の間にある。15號は標準區の88%で無磷酸區の89%に比して殆んど差がない。14號は含水率全體では標準區の97%で最高を示すが、これは根の含水率が標準區と同様の數値を示す爲である。根の含水率は9月以後の側根の發生狀態に比例し増加して居る。即ち5號11號12號13號の順に増加し、14號最高で、側根の發生の僅少な15號は無磷酸區と殆んど同様の含水率を示す。

幹重量のT/R率では、5號標準區の115%、12號101%、13號104%で標準區より高く、8月17日より20日間磷酸給與を受けた14號は根の生育良好な爲T/R率標準區の84%と急激に減少する。

これ等の結果に就いて観察するに、磷酸は培養開始後15日目、發芽後40日目7月8日より20日間給與された場合カラマツ苗の生育に最も有効で、外部形態、重量生長も最大の値を示す。又9月1日以後の磷酸給與はカラマツ苗の生育には何等の影響を及ぼさざる事を知る。

以上磷酸試験全體に涉り観察するに、カラマツ種子發芽後25日目6月23日より培養液に依る培養を開始した本研究では、カラマツ苗の生育は、6月23日より40日間の磷酸給與でその外部形態完成し、重量生長も大體40日程度で充分であると考えられる。培養開始後20日間種子發芽後45日間の磷酸缺如で生育は可成劣るが、根元直徑及び根の重量生長は標準區と何等異ならない生育を示す。その最も有効な磷酸の利用時期は、それぞれ20日間づつ生育の異なる時期に磷酸を給與した實驗の結果より判斷するに、種子發芽後40日目より20日間給與した場合生育は最良で、外部形態及び重量増加も最大となつた。磷酸の給與が何等かの形でカラマツ苗の生育に影響する期間は9月上旬迄であり、これは窒素の8月下旬に比して多少遅い。又磷酸は窒素と異なり、給與後直ちにカラマツの生育に作用し、葉色の恢復も早い。これは窒素と非常に異なる點である。

磷酸は生育初期に於ては、根の發育にとり何等必要の無いもの様に考えられる。即ち種子發芽後45日間磷酸を缺如した6號は標準區と同様の根の生長經過を示す。又各ポットに涉り窒素試験のそれと比較して、磷酸試験の場合は根の生育良好であり、9月以後の側根の發生も多い。

磷酸試験では、磷酸の生育後期に於ける給與は幹の上長生長には殆んど關與せず、主として幹の肥大生長及び根の生長に用いられる事を知つた。

4. 加里試験

i. 生育の如何なる時期迄加里を必要とするかを知る爲に1號より5號に至る5個のポツ

トで行つた實驗結果は第 11 表及び第 9 圖の如し。(圖版 IV の 1 参照)

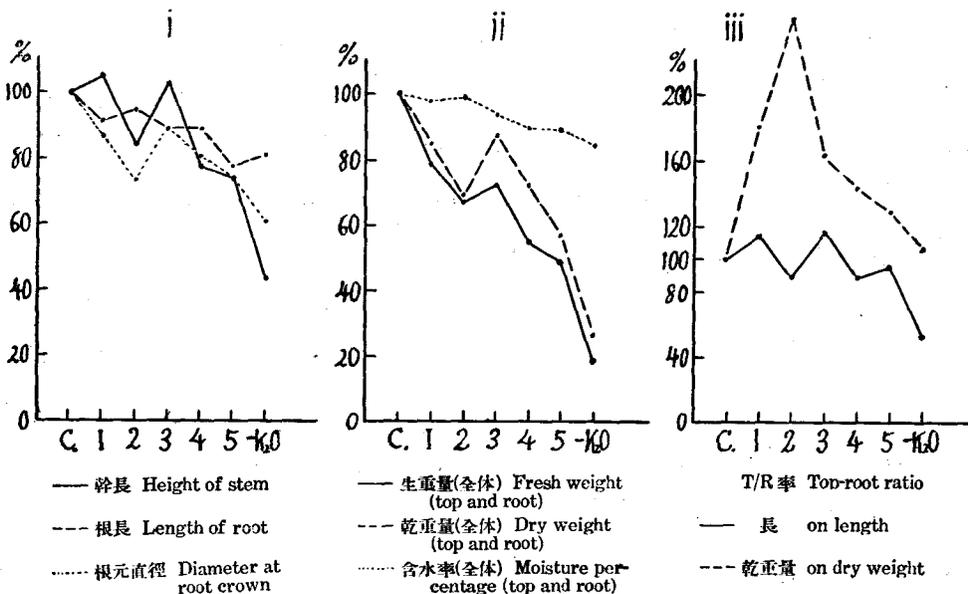
第 11 表 Table 11

ポット番號 Pot No.	供試本數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	根元直徑 Diameter at root crown (mm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
					全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
					標準區 Control	5	10.3	11.4	1.46	885.5	679.8	205.7	211.4	172.3	39.1
1	5	10.8	10.4	1.27	703.0	608.9	94.1	180.7	160.5	20.1	74.3	73.6	78.6	103.9	799.0
2	5	8.6	10.8	1.06	591.8	529.0	62.8	146.2	133.8	12.4	75.3	74.7	80.3	79.7	1079.0
3	3	10.6	10.1	1.30	645.0	543.7	101.3	185.0	162.3	22.7	71.3	70.1	77.6	105.3	716.2
4	5	8.1	10.2	1.18	482.7	397.5	85.2	153.0	132.0	21.0	68.3	66.8	75.4	79.3	628.6
5	3	7.6	8.9	1.08	433.0	354.7	78.3	141.2	120.0	21.2	67.4	66.2	73.0	86.1	566.9
無加里區 -K ₂ O	2	4.4	9.2	0.89	160.5	116.3	44.3	56.5	46.5	10.0	64.8	60.0	77.4	47.8	465.0

試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

1	100	105	91	87	79	90	46	85	93	51	98	99	97	115	181
2	100	84	95	73	67	78	31	69	78	32	99	100	99	88	245
3	60	103	89	89	73	80	49	88	94	58	94	94	96	117	163
4	100	78	89	81	55	58	41	72	77	54	90	89	93	88	143
5	60	74	78	74	49	52	38	67	70	54	89	89	90	95	129
無加里區 -K ₂ O	40	43	81	61	18	17	22	27	27	26	85	80	96	53	106

第 9 圖 Fig. 9



1 號より 5 號に至る 5 個のポットの生長経過を觀察するに、培養開始後 40 日目、即ち 8 月 2 日で加里給與を打切つたポットに於ても、幹の生長経過は標準區と殆んど同じであり區別する事は出来ない。4 號 5 號に至り始めて差が認められるが、これも加里給與打切後 40 日を経過して始めて明かな差が認められる様になる。1 號 2 號 3 號に認められる標準區との著しい差異は、標準區は子葉の着生點に於ける直径より、根頸に於ける直径が太いに反し、子葉附近の直径は標準區と殆んど異なる 1 號 2 號 3 號が、反對に根頸に行くに従つて細くなつて居る點である。同時に根も細い。實驗終了時 10 月 15 日には 4 號 5 號共子葉附近の葉は枯死し、5 號に於ては葉の枯死は幹の中央に迄及んだ。9 月以後側根は發生するが各ポット共非常に少い。8 月 20 日 3 號のポットの樹苗 1 本が虫害により枯死した。他の 1 本はそれ以前であるが枯死日は不明である。原因は前同様虫害である。5 號の樹苗は 5 本中 2 本が生理的障害に依り枯死した。内 1 本は 8 月 30 日で、他の 1 本は 8 月 20 日以前であるが枯死日は不明である。

幹長は 1 號 3 號標準區に優り、1 號標準區の 105% で最大、5 號は標準區の 74% で最小である。しかし無加里區に比すれば 5 號は 7.6 cm で約 2 倍の數値を示して居る。

根長は 5 號 8.9 cm 標準區の 78% で最小である。他の 4 個のポットの樹苗は根長すべて 10.0 cm を越え、2 號 10.8 cm 標準區の 95% で最大である。

根元直径は培養液に依る培養開始時 6 月 23 日より 9 月 1 日迄 70 日間加里給與を受けた 1 號にして既に標準區に比し 13% 劣り、3 號 4 號は 1 號と大差なきも、2 號は 5 號と殆んど異ならず、それぞれ 1.06 mm, 1.08 mm で標準區の 73%, 74% である。

生重量では 1 號 703.0 mg で標準區の 79% であるが幹葉では約 70 mg の差に過ぎない。しかし根ではこれより大きく 110 mg の差を示し、標準區の 46% で半分には達しない。3 號これに次ぎ標準區の 73% で、次で 2 號 4 號 5 號の順となる。6 月 23 日より僅か 20 日間だけしか加里給與を受けない 5 號にして既に無加里區の約 3 倍に達する生育を見る。根では標準區の半分には達する生育を示すポットは見られなかつた。

乾重量では 3 號最大で、標準區の 88%, 幹葉では 94%, 根では 58% である。1 號これに次ぎ 3 號と大差なく、次で 4 號 2 號 5 號の順となり、5 號と 2 號の間には大差がない。根では 2 號が 12.4 mg を示し、無加里區と殆んど同様の生育状態を示す外は、他の 4 個のポットの間には殆んど差なく、その重量も 20.1 mg より 22.7 mg の間にあり、標準區の 51% より 58% の間の數値を示す。

含水率の全體では大體 1 號 2 號 3 號の順に減少し、幹葉及び根もほぼ同様の傾向を示す。1 號 2 號は標準區と大差なく、5 號 67.4% 標準區の 89% で最小である。

T/R 率の長に就いて観察するに、3 號最大で標準區の 117%、2 號 4 號共に 88% で最小である。しかし無加里區の 53% に比すれば可成大きい。

T/R 率の乾重量では 1 號 2 號 3 號著しく大きく、2 號は標準區の 245% で約 2.5 倍である。4 號に至り始めて標準區に近すき 143%、5 號は 129% で最小値を示す。

これらの結果を見るに、加里はカラマツ苗の外部形態中、地上部のみを取つて考えるならば培養開始時 6 月 23 日より 40 日間の給與で充分であるが、地下部に於ては 70 日間の加里給與を持つてしても不充分である。重量生長の爲にも、地上部は前同様 40 日で充分であるが地下部では 70 日で尙不充分である。

加里は磷酸及び窒素と異なり、給與打切後直に根の生長衰える事を考慮するならば、9 月に入つて再び盛んに行われるカラマツ苗の根の生長時期には加里が常に存在する事を必要とすると言わねばならない。

ii. 生育の如何なる時期迄加里を缺くも、カラマツ苗の生育に支障を來す事なきかを知る爲に 6 號より 10 號に至る 5 個のポットで行つた實驗結果は第 12 表及び第 10 圖の如し。(圖版 IV の 2 参照)

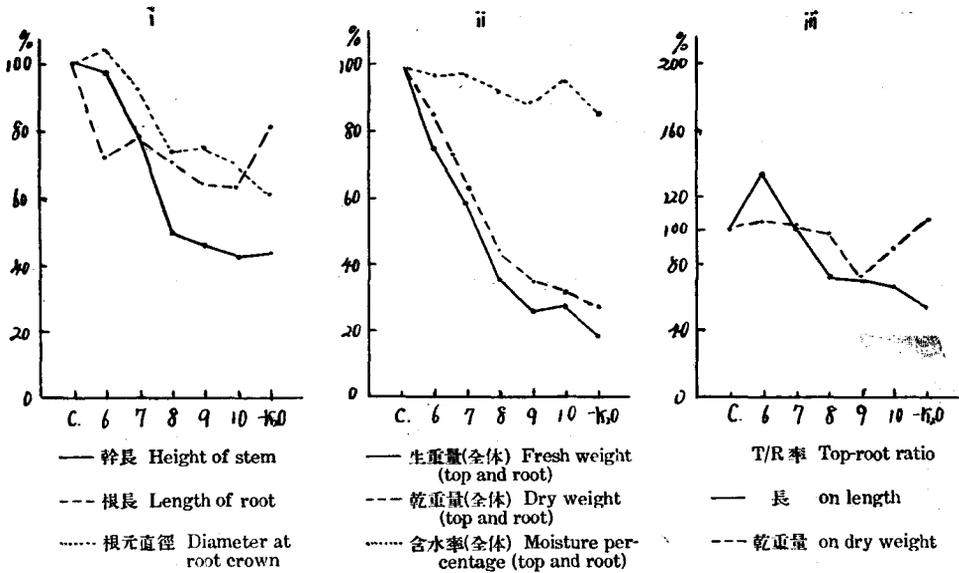
第 12 表 Table 12

ポット番號 Pot No.	供試 本數 No. of tree seedlings studied	幹 長 Height of stem (cm)	根 長 Length of root (cm)	根 元 直 徑 Diameter at root crown (mm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R 率 (%) Top-root ratio	
					全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
					標準區 Control	5	10.3	11.4	1.46	885.5	679.8	205.7	211.4	172.3	39.1
6	5	9.9	8.2	1.54	661.8	514.4	147.4	179.8	147.8	32.0	72.8	71.3	78.3	120.6	461.9
7	5	8.0	8.9	1.36	516.2	405.0	111.2	136.2	111.6	24.6	73.6	72.4	77.9	90.3	453.7
8	4	5.1	8.1	1.08	312.5	240.5	72.0	92.8	75.3	17.5	70.3	68.7	75.7	63.0	430.0
9	4	4.6	7.3	1.09	218.1	152.9	65.3	71.3	54.0	17.3	67.3	64.7	73.6	62.7	313.0
10	3	4.3	7.2	1.02	243.0	165.7	77.3	67.7	53.7	14.0	72.2	67.6	81.9	59.0	333.3
無加里區 -K ₂ O	2	4.4	9.2	0.89	160.5	116.3	44.3	56.5	46.5	10.0	64.8	60.0	77.4	47.8	465.0

試験區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

6	100	97	72	105	75	76	72	85	86	82	96	95	97	134	105
7	100	78	78	93	58	60	54	64	65	63	97	97	96	100	103
8	80	49	71	74	35	35	35	44	44	45	92	92	93	70	98
9	80	45	64	75	25	22	32	35	31	44	88	87	91	69	71
10	60	42	63	70	27	24	38	32	31	36	95	90	101	65	87
無加里區 -K ₂ O	40	43	81	61	18	17	22	27	27	26	85	80	96	53	106

第 10 圖 Fig. 10



6 號より 10 號に至る 5 個のポットに就き觀察するに、6 號は加里給與開始時期即ち種子發芽後 45 日目 7 月 13 日に於て既に幹の生長標準區に劣り、葉色も標準區の鮮綠色、無磷酸區の暗綠色の中間色を呈して居た。しかし加里給與後直に衰えた生長を恢復したが、標準區の生長速度に比して及ばず、磷酸試験に於ける 6 號と同様、加里給與後 15 日前後にしてその差最大に達し、後漸次標準區に近づく。又 6 號に於ては 5 本中 1 本が特に優れた生長を示し、標準區の樹苗を凌駕した。7 號は 6 號より 15 日遅れて加里給與を受け、6 號と同様、衰えた生長を直に恢復するも、加里給與後の生育期間短かき爲、充分な生長を成し得ず、外觀的に見て標準に可成劣る。9 月以後の側根の發生は 6 號標準區と大差なく、根の肥大生長も標準區と殆んど變らない。7 號は側根の發生多いが、6 號に多少劣り、根は培養液に依る培養開始後 35 日、發芽後 60 日間の加里缺如に依り細くなる。8 號は 8 月 12 日、發芽後 75 日目に初めて加里給與を受けたのであるが長期に渉る加里缺如の爲、6 號 7 號と異なり、給與後直に生長は恢復せず、10 日目頃より加里給與の影響を示すが、9 月に入ると生長は止り、幹の上長生長は僅かである。9 號 10 號は上長生長は殆んど見られない。しかし幹の肥大生長は多少見られる。8 號に於てすら、葉色の恢復不完全のまま落葉期に入り、葉は褪色し、實驗終了時 10 月 15 日には僅少であるが子葉附近の葉は枯死して居た。9 號 10 號も同様に葉の枯死が見られる。

9 月以後の側根の發生は 8 號 9 號 10 號に於ては少い。8 號は 5 本中 1 本が 9 月 8 日、9 號では 8 月 29 日に 1 本、10 號では枯死日不明なるも 8 月 20 日以前に 2 本、すべて生理的障害に依り枯死した。

幹長は 6 號で 9.9 cm 標準區の 10.3 cm に比して大差ない。7 號は 8.0 cm 標準區の 78% で、可成劣り、8 號は 5.1 cm で無加里區より僅か 0.7 cm 長いに過ぎない。9 號 10 號はそれぞれ 4.6 cm, 4.3 cm で無加里區と差がない。

根長は 9.0 cm を越えるものなく、すべて標準區の 80% 以下であり、無加里區の 9.2 cm に比しても短い。

根元直径は 6 號 1.54 mm で標準區に優り、7 號 1.36 mm 標準區の 93% でこれと大差なきも、8 號に至り急激に減少し標準區の 74% を示し、9 號 10 號は 8 號と大差なく、10 號最小で標準區の 70% である。

生重量に於ては 6 號標準區の 75% であるが乾重量では 85% を示し、標準區と大差なきも、7 號に於て急激に減少し 生重量では標準區の約半分 58% で、乾重量では 64% である。8 號は生重量では無加里區の約 2 倍の 35% を示し、乾重量では 44% で後者の約 1.5 倍以上である。9 號 10 號は生、乾重量共無加里區より僅かに良好な生育を示したに過ぎない。

含水率は 6 號 7 號それぞれ標準區の 96%, 97% でこれと大差なきも、8 號は 92% で可成の差を見せ、9 號は 88% で最小、10 號に至り 95% と増加する。10 號のこの數値は根に於ける標準區の 101% という數値の結果である。

T/R 率の長では 6 號標準區より大きく、8 號 9 號 10 號は小さいが、しかし無加里區のそれに比すれば大きい。T/R 率の乾重量では 6 號 7 號標準區と無加里區との間にあり、生育後期に加里給與を受けた 8 號 9 號 10 號は加里を主として根の生長に用いた結果、その數値は標準區より小さく、又無加里區の試験區比數 106% より小さい。最小は 9 號で標準區の 71% である。

これ等の結果に就いて見るに、カラマツ苗の生育には種子發芽後 45 日間の加里缺如はさして影響せず、以後の加里給與に依り、外部形態、重量生長も標準區と大差のない生育を見る事が知られる。しかし 60 日に及ぶ加里缺如はカラマツ苗の生育には有害で、以後の給與に依るも、完全な樹苗を得る事は困難である。しかして發芽後 75 日間以上の加里缺如、即ち本研究に於ける如き 8 月 12 日以後に於ける加里給與は、長期に渉る加里缺如の爲給與した加里の影響の發現が遅れ、その生長量も僅かである。

iii. 生育の如何なる時期に給與した加里が最も有効にカラマツ苗の生育に利用されるかを知る爲に 5 號及び 11 號より 15 號に至る 5 個のポット計 6 個のポットで行つた實驗結果は第 13 表及び第 11 圖の如し。(圖版 IV の 3 参照)

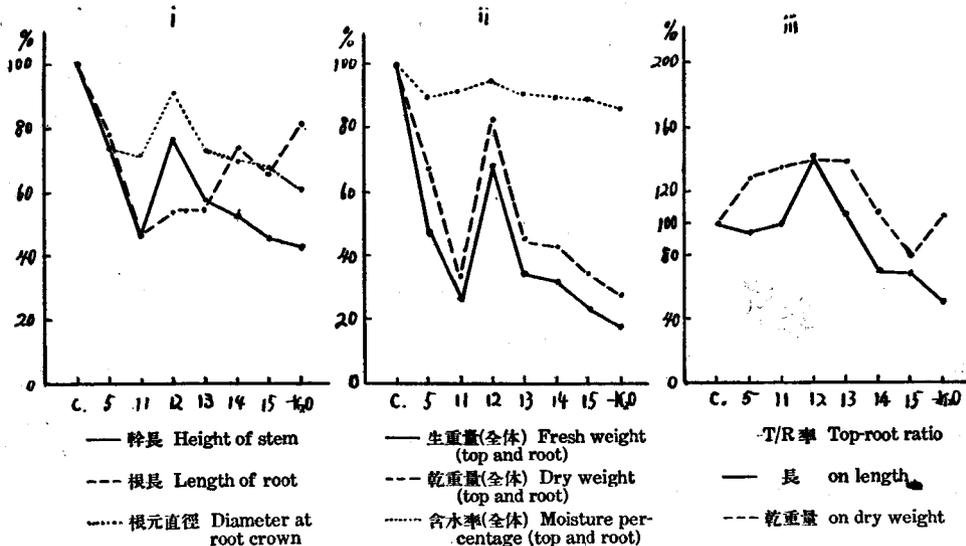
第 13 表 Table 13

ポット番號 Pot No.	供試本數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	根元直徑 Diameter at root crown (mm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
					全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
					標準區 Control	5	10.3	11.4	1.46	885.5	679.8	205.7	211.4	172.3	39.1
5	3	7.6	8.9	1.08	433.0	354.7	78.3	141.2	120.0	21.2	67.4	66.2	73.0	86.1	566.9
11	5	4.7	5.2	1.03	226.2	191.6	34.6	69.4	59.4	10.0	69.3	69.0	71.1	90.4	594.0
12	3	7.9	6.2	1.33	609.0	513.8	95.2	173.3	149.2	24.2	71.5	71.0	74.6	128.0	617.2
13	5	5.9	6.2	1.07	303.1	254.9	48.2	95.2	81.8	13.4	68.6	67.9	72.2	95.5	610.4
14	5	5.4	8.5	1.02	286.8	231.8	55.0	91.4	75.4	16.0	68.1	67.5	70.9	64.1	471.3
15	4	4.8	7.5	0.99	215.5	159.4	56.1	71.3	55.5	15.8	66.9	65.2	71.9	63.1	352.4
無加里區 -K ₂ O	2	4.4	9.2	0.89	160.5	116.3	44.3	56.5	46.5	10.0	64.8	60.0	77.4	47.8	465.0

試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

5	60	74	78	74	49	52	38	67	70	54	89	89	90	95	129
11	100	46	46	71	26	28	17	33	34	26	91	92	88	100	135
12	60	77	54	91	68	76	46	82	87	62	94	95	92	142	140
13	100	58	54	73	34	37	23	45	47	34	90	91	89	106	139
14	100	53	74	70	32	34	27	43	44	41	89	90	88	71	107
15	80	46	66	68	24	23	27	34	32	40	88	87	89	70	80
無加里區 -K ₂ O	40	43	81	61	18	17	22	27	27	26	85	80	96	53	106

第 11 圖 Fig. 11



5 號及び 11 號より 15 號に至る 5 個のポット計 6 個のポットに就いて觀察するに、5 號及び 12 號は加里給與後直に衰えた生長恢復し、旺盛な生長を開始するが、14 號に至れば長期に渉る加里缺如の爲、加里を給與するも、その影響の發現が遅れる。即ち認め得る生長は加里給與後 10 日を経過して初めて現れる。15 號に至れば、加里給與の影響は地上部には殆んど現われず、根に於てのみその有効な影響を知る。11 號は何等かの生理的障害に依り、生育初期 20 日間加里給與を受けるも、その影響殆んど現れず、主根の伸長も殆んど行なわれず、葉は螺旋型によじれ、その生育経過も無加里區と殆んど異ならないが、しかし 1 本の枯死も見なかつた。實驗終了時 10 月 15 日には、5 號に於ては葉の枯死子葉着生部から幹の中央に至り、12 號 13 號は子葉附近の葉のみ枯死し、14 號に至り又多くなり、15 號は 5 號同様幹の中央に至る。9 月以後の側根の發生は 11 號を除いた他の 5 個のポットの樹苗にはすべて見られたが、その量は僅かである。

5 號は 5 本の樹苗中 2 本が、生理的障害に依り枯死し、12 號は 8 月 31 日、9 月 6 日にそれぞれ 1 本づつ、15 號は 9 月 8 日 1 本、それぞれ生理的障害に依り枯死した。

幹長に就いて觀察するに 12 號 7.9 cm、標準區の 77% を示し、最大で、次で 5 號 13 號 14 號の順となり、11 號、15 號は無加里區の 4.4 cm と殆んど差のない 4.7 cm、4.8 cm を示す。

根長は 11 號 12 號 13 號非常に短かく、11 號は標準區の半分以下で最小であり、12 號 13 號は標準區の約半分の値を示すに過ぎない。

根元直徑は 12 號特に優れ、1.33 mm で標準區の 91% を示す外は、他の 5 個のポットの間には殆んど差が認められず、標準區の 68% より 74% の間の數値を示す。

生、乾重量では 12 號最良の生育を示し、生重量では標準區の 68%、乾重量では 82% である。次で 5 號であるが 12 號に比して著しく劣り、生重量では標準區の半分以下の 49%、乾重量では 67% である。13 號 14 號は生、乾重量共大差なく、13 號僅かに良好である。15 號は無加里區とやや等しい生育を示す。しかし根は良好な生育を示し、乾重で 15.8 mg を示し、無加里區の 10.0 mg の 1.5 倍である。最小は 13 號で根の乾重量 13.4 mg、標準區の 34% である。

含水率は各ポット共標準區に比して低く、5 號標準區の 89% である。次で 11 號 12 號の順に増加し、12 號最大で標準區の 94% を示し、再び 13 號 14 號の順に減少する。幹葉及び根の含水率に就いても同様の事實が認められる。

T/R 率の乾重量に就いて觀察するに、根の生長の衰え始めた 7 月 22 日より 20 日間加里給與を受けた 12 號が最大で標準區の 140% を示し、20 日間の加里給與の最終日が、再び旺盛な根の生長を見る 9 月に達せず、8 月 22 日である 13 號も 12 號と殆んど等しい 139% なる數値を

示し、20日間の加里給與期間の後期が9月に入った14號は107%で標準區及び無加里區に近ずき、9月1日より20日間加里給與を受けた15號は80%で標準區及び無加里區に比し、可成小さい數値を示す。

これらの結果に就いて觀察するに、培養開始後30日、種子發芽後55日目より20日間加里給與を受けた12號が、外部形態、重量生長共最良の結果を示す。11號が何等かの有害な生理的障害に依り、その生長經過が無加里區と殆んど異ならなかつた爲、給與された加里が、カラマツ苗の生育に最も有効に利用される時期も、正確な結論を下す事は困難である。しかし12號より10日遅れて加里給與を受けた13號が12號に比し、その生育著しく劣る事を考えるならば、その最も有効な加里利用時期は12號の20日間の加里の給與の終る8月12日以前に在る事は確かであり、12號の加里給與を受けた時期或はそれより少し前であろうと推察される。又9月1日以後に加里を給與してもその影響は殆んど認められない。

以上加里試験全體に涉り觀察するに、種子發芽後25日目より培養液に依る培養を開始したカラマツ苗の地上部の生育には、培養開始後40日間即ち8月2日迄の加里給與で、その外部形態及び重量生長完成し、以後の給與は必要でない。しかし根の生育時期には常に加里が存在する事を必要とする様に考えられる。即ち培養液による培養開始時6月23日より70日間9月1日迄加里給與を受けた1號は、カラマツ苗に現われる9月以後の根の旺盛な生長時期に加里を缺如した爲に、根の生長、側根の發生悪く、培養開始時より僅か20日間しか加里給與を受けない5號の根の生育状態と何等異ならない。即ちカラマツ苗は加里を貯藏し、必要な時期にこれを根の生育に利用する事が困難である様に考えられる。これは窒素及び磷酸と非常に異なる點である。

又加里の發芽後45日間、培養液に依る培養開始後20日間の缺如はカラマツ苗の生育には殆んど影響なく、以後の給與に依り、外部形態、重量生長共完成を見る。しかしこれより15日遅れば、即ち發芽後60日間加里を缺如するならば、以後の給與に依るも、その生育は完全なものと成り得ない。

尙カラマツ苗が最も有効に加里を利用する時期は7月23日即ち發芽後55日目より20日間か、或はそれより少し以前にあると考えられ、この時期に加里給與を受けたカラマツ苗は他の生育の異なる時期に20日間加里給與を受けたものに比し、外部形態、重量生育も優れている。

又8月中旬以後の加里給與はカラマツ苗の地上部の生育には殆んど影響せず、その有効な作用は主として根に現れる。

特に根の生長を強調して考えるならば、カラマツ苗は、たとえ9月以前に如何程充分に加

里を給與されたとしても、9月中の加里缺如はその生育に有害であると言わねばならない。

實驗 II. ヒバ *Thujaopsis dolabrata* S. et Z. に就いて

I. 實驗方法及び材料

1. 實驗に用いた種子はヒバ (採集地檜山) である。
2. これをカラマツの場合と同様な方法で殺菌し、且つ調製した石英砂上に5月2日播種した。播種量は100ccである。
3. 種子は5月21日初めて發芽し、發芽最盛期は6月5日前後であつた。以後この6月5日を發芽日として取扱う事とする。
4. 6月24日大きさの様な樹苗を選び、ボール蓋に植付け、6月25日より培養液に依る培養を開始した。植付方法はカラマツの場合と同様である。6月25日に於ける樹苗の生育状態は子葉が完全に開き、新生葉が僅かに見られる程度の状態であつた。
5. 樹苗は1ポット當り5本とし、ポットとして内徑5cm、内容約200ccの筒形硬質硝子容器を用い、光の挿入を防ぐ爲、黒色紙でポットを包みその上を又白色紙で覆つた。
6. 樹苗培養に用いた培養液は次の4種である。

第14表 Table 14

	標準培養液 complete nutrient solution (mg)	可驗要素を缺く培養液 partially complete nutrient solutions		
		無窒素培養液 nutrient solution minus nitrogen (mg)	無磷酸培養液 nutrient solution minus phosphorus (mg)	無加里培養液 nutrient solution minus potassium (mg)
NH ₄ NO ₃	50		50	35.3
Ca (NO ₃) ₂				15.1
NH ₄ H ₂ PO ₄				21.1
KH ₂ PO ₄	25	25		
KCl	12	12	25.7	
MgSO ₄	25	25	25	25
CaCl ₂	50	50	50	39.8
FeCl ₃	0.2	0.2	0.2	0.2
蒸溜水 distilled water	1 l	1 l	1 l	1 l

標準培養液はKNOP氏溶液の約10分の1濃度のもので、ただ窒素源として、芝木氏が、スギ、ヒノキに用いて最良の結果を得た硝酸アンモニアを使用した。これ等の培養液のpHはカラマツに使用したそれと同じ5.6であつた。ただ無磷酸培養液のみは微量の鹽酸を添加してpH 5.6とした。無窒素培養液は窒素のみを缺如し、他の5つの要素P, K, Ca, Mg, Sは標準

第 12 圖 Fig. 12

日時 Date		發芽後日數 Days after germination	培養開始後日數 Days after beginning of culture	ポット番號 Pot No.															無可變質素試驗 (-N, -P ₂ O ₅ , or -K ₂ O)
月 Month	日 Day			標準區 C.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
VI	5	0																	
	15	10																	
VI	25	20	0																
VII	5	30	10																
	15	40	20																
	25	50	30																
VIII	4	60	40																
	14	70	50																
	24	80	60																
K	3	90	70																
	13	100	80																
	23	110	90																
X	3	120	100																
	13	130	110																
	23	140	120																
	31	148	128																

Hatching port shows that tree seedlings received complete nutrient solution.
 The other part, each of partially complete nutrient solutions. C.: Control.

培養液のそれと同量含まれ、無磷酸培養液は磷酸のみを缺如し、他の5要素は標準培養液のそれと同量含まれる。無加里培養液も、同様加里のみを缺如するだけである。

7. 培養液は1ポット200ccとし、5日毎に1度更新した。通気はカラマツの場合と同様なるも、培養液給與後は3日目に1度1分間通気を行つただけである。尙カラマツの場合同様培養液の面が幹の部分に觸れない様注意した。所謂液面降下法を實行した。

8. 實驗中の硝子室の温度はカラマツの場合と同じである。

II. 實驗計劃

本研究はカラマツの場合と同様、第12圖に示す如き實驗計劃の下に之を行つた。圖中横線の部分は標準培養液に依る培養を意味し、然らざる部分は可驗要素を缺く培養液に依る培養を意味す。培養期間は種子發芽後20日目6月25日より始め、10月31日に終る128日間である。

III. 實驗結果

不慮の災害及び實驗結果がどの程度信じ得べきものかを知る爲に、標準區のみ2個のポットを用意したので、兩者を比較すると第15表の如し。

第15表 Table 15

ポット番號 Pot No.	供試 本數 No. of tree seedlings studied	幹 長 Height of stem (cm)	根 長 Length of root (cm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio		
				全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight	
				標準區 1 Control 1	5	4.5	7.5	133.6	113.2	20.4	29.3	25.4	4.4	77.7	77.6
標準區 2 Control 2	5	4.4	8.6	145.0	122.2	22.8	31.6	26.6	5.0	78.2	78.2	78.1	50.3	532.0	
平均 Average	5	4.4	8.1	139.3	117.7	21.6	30.7	26.0	4.7	78.0	77.9	78.2	54.6	553.2	
標準區 1				100%			Percentage of control 2 on control 1 basis								
標準區 2 Control 2	100	98	115	109	108	112	106	105	114	101	101	100	85	92	

第15表に於て含水率及びT/R率は算術平均に依らず、平均の欄に示された幹長、根長及び生重量、乾重量より算出したものである。

標準區1と標準區2を比較するに、兩者は幹長、根長、生、乾重量、T/R率に於てすべて10%内外の差を示すのみである。これを見ると、實驗方法及び材料の項で述べた様な方法で選んだ樹苗を同一培養液で培養する場合には、種子に依る生育上の差は、それ程重要視しなくて差支えない様に思われる。

1. 要素缺如に由來する生産状態の差異

窒素、磷酸及び加里を缺く場合ヒバは如何なる生育を示すかを知る爲に全生育期間、無窒素培養液、無磷酸培養液及び無加里培養液で培養した無窒素區、無磷酸區及び無加里區の樹苗の生育状態と、全生育期間標準培養液で培養した標準區の樹苗の生育状態とを比較すれば第16表及び第13圖の如し。(圖版V参照、標準區は標準區2を寫せしものなり)。

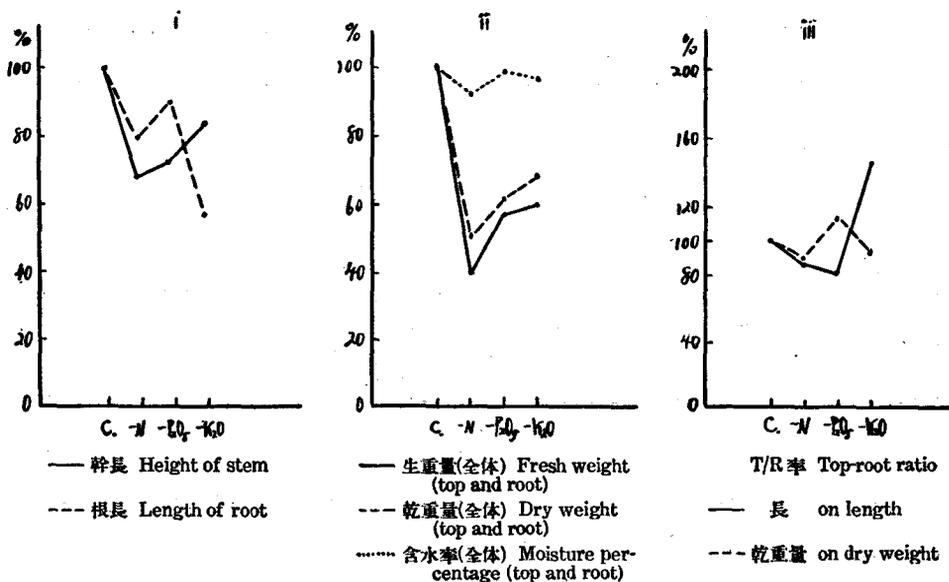
第 16 表 Table 16

ポット番號 Pot No.	供試木數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
				全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	根 on length	乾重量 on dry weight
標準區 Control	5	4.4	8.1	139.3	117.7	21.6	30.7	26.0	4.7	78.0	77.9	78.2	54.6	553.2
無窒素區 -N	5	3.0	6.4	54.8	44.4	10.4	15.4	12.8	2.6	71.9	71.2	75.0	47.2	492.3
無磷酸區 -P ₂ O ₅	5	3.2	7.3	80.0	66.0	14.0	18.8	16.2	2.6	76.5	75.5	81.6	44.4	623.1
無加里區 -K ₂ O	5	3.7	4.6	83.8	69.4	14.4	20.8	17.4	3.4	75.2	74.9	76.4	79.6	511.8

試験區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

無窒素區 -N	100	68	79	39	38	48	50	49	55	92	91	96	86	89
無磷酸區 -P ₂ O ₅	100	73	90	57	56	65	61	62	55	98	97	104	81	113
無加里區 -K ₂ O	100	84	57	60	59	67	68	67	72	96	96	98	146	93

第 13 圖 Fig. 13



標準區——培養開始時より、生長旺盛にして葉色は綠色で土壤中に生育せるものと何等變りのない状態を示す。培養開始後1箇月にして無窒素區、無磷酸區と明かに區別し得る。生育は6月25日培養開始後約40日間8月上旬迄は旺盛であるが、それ以後は幹の上長生長衰えるも、9月に入りて再び上長生長が始まり、見るべき生長は10月上旬迄續けられる。根も8月上旬より中旬にかけ一時停止の觀を呈するも、幹の上長生長程明らかでなく、又根の生長は主根のみに限られ、側根は著しく少い。

無窒素區——無窒素區は無磷酸區、無加里區に比して生育最も悪く、葉色も標準區と異なり黄綠色である。生育過程は標準區に類似するが生長量少く、9月に入り再び始まる幹の上長生長も著しく少く、標準區の1.0 cmに對し0.3 cmである。

表に就いて觀察するに、幹長は3.0 cmで標準區の68%、根長は79%である。生重量は標準區の約40%、乾重量では50%で、含水率は無磷酸區、無加里區に比して著しく小さく、92%である。

無磷酸區及び無加里區——この兩區は葉色標準區と殆んど異ならず、無磷酸區は8月上旬迄は無窒素區と殆んど變りないが、無加里區は前兩區に比し僅か良好な生育を示す。9月に入れば無磷酸區0.7 cm、無加里區0.5 cmの幹の上長生長を見る。但し無加里區は主根の伸長生長悪く、その尖端は實驗終了時10月31日には生理的障害に依り死んで居た。

表に依れば無加里區は無磷酸區に比し、幹長僅かに長く、根長は可成短かきも、生、乾重量は大差がない。

2. 窒素試験

i. 生育の如何なる時期迄窒素を必要とするかを知る爲に、1號より5號に至る5個のポットで行つた實驗結果は第17表及び第14圖の如し。(圖版VIの1参照)

幹長は1號より3號まで標準區と大差なく、3號は4.5 cmで標準區の102%を示し最大である。4號に至り可成減少し、標準區の75%で最小で、無窒素區の68%と大差がない。

根長は1號4號5號標準區の91%より99%の間にあり大差なく、2號3號は9.2 cm, 10.6 cmで標準區より長く、標準區の114%, 131%を示す。いずれのポットも無窒素區の6.4 cmに比すれば可成長い。

生重量は1號2號3號、標準區の91%より98%の間に在り大差なきも、4號に至り急激に減少し、標準區の70%となる。5號は4號と大差なく標準區の73%である。しかし4號5號も無窒素區の39%に比すれば約2倍の生育である。根では2號3號4號標準區に優り、特に3號は29.0 mg、標準區の134%でこれと可成の差を示す。

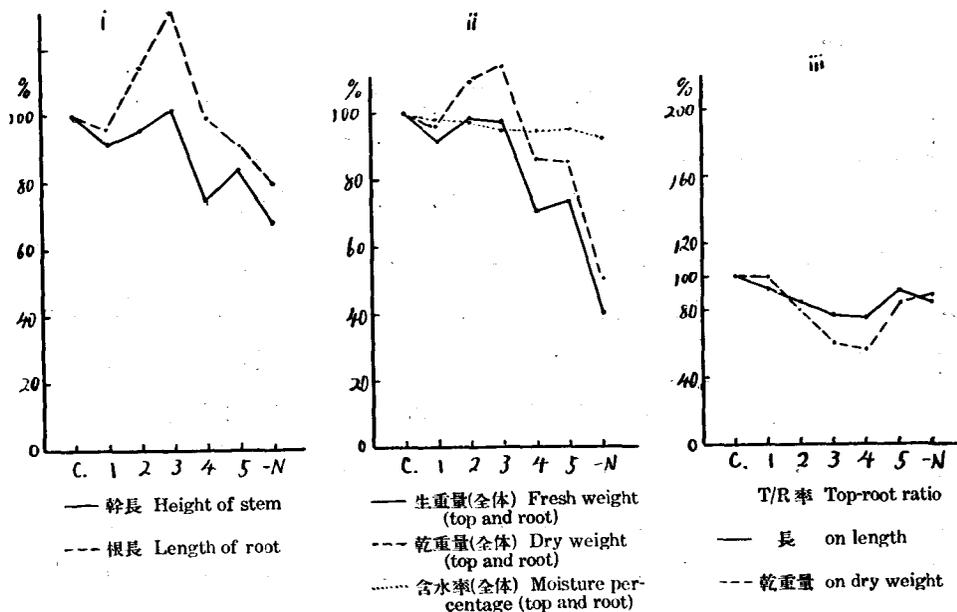
第 17 表 Table 17

ポット番號 Pot No.	供試 本數 No of tree seedlings studied	幹 長 Height of stem (cm)	根 長 Length of root (cm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
				全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
				標準區 Control	5	4.4	8.1	139.3	117.7	21.6	30.7	26.0	4.7	78.0
1	5	4.0	7.8	126.1	105.1	21.0	29.5	25.0	4.5	76.6	76.2	78.6	51.0	555.6
2	5	4.2	9.2	136.9	112.0	24.9	33.6	27.5	6.1	75.5	75.4	75.5	46.0	450.8
3	5	4.5	10.6	135.6	106.6	29.0	34.9	26.9	8.0	74.3	74.8	72.4	42.2	336.3
4	5	3.3	8.0	97.6	74.8	22.8	26.3	20.0	6.3	73.1	73.3	72.4	41.5	317.5
5	5	3.7	7.4	102.2	84.2	18.0	26.2	21.6	4.6	74.4	74.3	74.4	50.4	469.6
無窒素區 -N	5	3.0	6.4	54.8	44.4	10.4	15.4	12.8	2.6	71.9	71.2	75.0	47.2	492.3

試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

1	100	91	96	91	89	97	96	96	96	98	98	101	93	100
2	100	95	114	98	95	115	109	106	130	97	97	97	84	81
3	100	102	131	97	91	134	114	103	170	95	96	93	77	61
4	100	75	99	70	64	106	86	77	134	94	94	93	76	57
5	100	84	91	73	72	83	85	83	98	95	95	95	92	85
無窒素區 -N	100	68	79	39	38	48	50	49	55	92	91	96	86	89

第 14 圖 Fig. 14



乾重量は1號標準區の96%でこれと大差なく、2號3號は標準區の109%、114%で標準區に優り、幹葉では標準區の106%、103%で標準區と大差なきも、根では130%、170%で大差を示す。4號は標準區の86%であるが根では標準區より著しく優れ、標準區の134%である。5號は全體では4號と殆んど差のない85%を示し、無窒素區の1.7倍の生育を見た。

含水率は1號2號の順に漸減し、幹葉及び根もこの傾向を有す。最低は4號でその試験區比數は94%であるが、無窒素區の92%に比すれば高い。

T/R率の長及び乾重量に就いて觀察するに、1號より4號に至る順に漸減し、4號最小で、長では標準區の76%、乾重量では57%である。5號に至り又上昇して標準區の92%、95%となる。

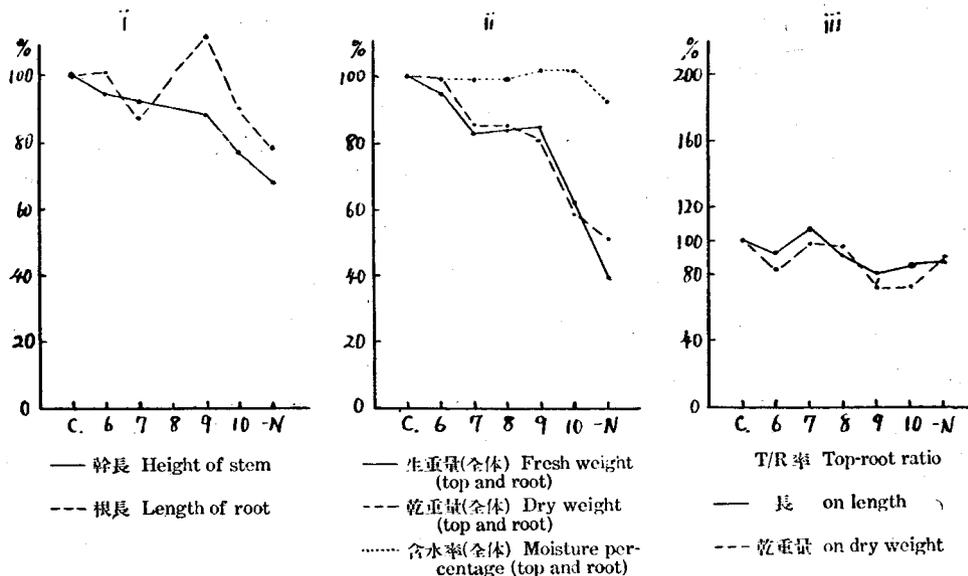
これらの結果を見るに、窒素は3號迄の給與即ち6月25日培養開始時より40日間8月4日迄の給與で充分で、ヒバの外部形態、重量生長も完全となる。生育初期僅か30日及び20日間の窒素給與しか受けない4號5號が乾重量に於ては標準區に近づくに反し、幹長に於ては無窒素區に近づく事は興味ある問題と言わねばならない。

ii. 生育の如何なる時期迄窒素を缺くも、ヒバの生育に支障を來す事無きかを知る爲に、6號より10號に至る5個のポットで行つた實驗結果は第18表及び第15圖の如し。(圖版VIの2参照)

第18表 Table 18

ポット番號 Pot No.	供試本數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
				全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
				標準區 Control	5	4.4	8.1	139.3	117.7	21.6	30.7	26.0	4.7	78.0
6	4	4.2	8.2	133.0	111.3	21.8	30.5	25.0	5.5	77.1	77.5	74.7	50.6	454.6
7	5	4.1	7.1	115.4	98.2	17.2	26.0	22.0	4.0	77.5	77.6	76.3	58.5	550.0
8	5	4.0	8.2	117.6	98.8	18.8	26.4	22.2	4.2	77.6	77.5	77.7	49.0	528.6
9	4	3.9	9.1	118.1	96.3	21.8	24.8	19.8	5.0	79.0	79.5	77.0	43.1	395.0
10 無窒素區 -N	5	3.4	7.4	86.0	68.6	17.4	18.0	14.4	3.6	79.1	79.0	79.3	45.7	400.0
	5	3.0	6.4	54.8	44.4	10.4	15.4	12.8	2.6	71.9	71.2	75.0	47.2	492.3
試験區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis														
6	80	95	101	95	95	101	99	96	117	99	99	96	93	82
7	100	93	88	83	83	80	85	85	85	99	100	98	107	99
8	100	91	101	84	83	87	85	85	89	99	99	99	90	96
9	80	89	112	85	82	101	81	76	106	101	102	98	79	71
10 無窒素區 -N	100	77	91	62	58	81	59	55	77	101	101	101	84	72
	100	68	79	39	38	48	50	49	55	92	91	96	86	89

第 15 圖 Fig. 15



幹長は6號7號の順に漸減し、9號は3.9 cmで標準區の89%である。10號に至れば急激な減少を見、3.4 cmで標準の77%であり、無窒素の3.0 cm、68%に比して大差がない。

根長は6號8號は標準區と殆んど差なく、共に標準區の101%を示し、9號9.1 cm標準區の112%で最大である。7號10號は大差なく、7.1 cm、7.4 cmで、無窒素區の6.4 cmに比し僅かに優る生育を示すのみである。

生重量は6號標準區と大差なく95%で、根では標準區より僅か良好である。7號に至れば標準區に比して可成劣り、8號9號は7號と殆んど差なく、標準區の84%、85%を示す。10號は著しく劣り、標準區の62%であるが、尙無窒素區の39%に比すれば、約1.6%の生育である。

乾重量は6號99%で標準區と殆んど同様であるが、根は標準區に比し可成良好な生育を示し標準區の117%である。7號8號共に標準區の85%である。10號は最小で標準區の59%を示し、無窒素區の50%と大差がない。

含水率の全體では6號7號8號は77.1%より77.6%の間にあり標準區の99%で、9號10號は標準區より高く、その試験區比數は共に101%である。

T/R率の長では、9號10號が、それぞれ標準區の79%、84%で標準區と可成の差を示すが、他のポットは標準區と10%内外の差を示すのみである。7號は最大で標準區の107%である。T/R率の乾重量では、7號8號それぞれ標準區の99%、96%でこれと大差なく、7號

は最大値を示す。9號10號は標準區と約30%の差を示す。

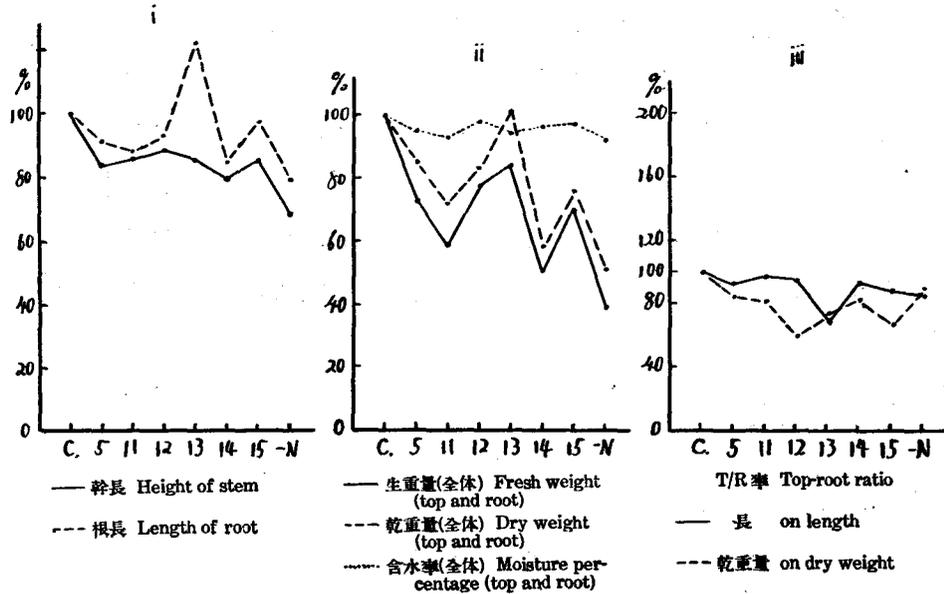
これらの結果に就いて觀察するに、窒素は培養開始後20日間、發芽後40日間7月15日迄はヒバの生育にとり必要なく、これを缺くも以後の給與に依り生育は完成する。しかし發芽後55日に至れば、窒素缺如に依る悪影響現れ、標準區に比し、その重量は可成劣る様になる。ヒバはカラマツと異なり、9月10日以後の窒素給與に於ても、その影響が認められるが、窒素給與遅き爲その影響は主として生重量のみに現われ、乾重量では、無窒素區と大差なき事を考へれば、その増加は主として水分であり、寒冷地、特に霜害の多い地方に於ける育苗に際しては考慮を要する點であらうと考えられる。

iii. 如何なる時期に給與した窒素が最も有効にヒバの生育に利用されるかを知る爲に5號及び11號より15號に至る5個のポット計6個のポットで行つた實驗結果は第19表及び第17圖の如し。(圖版VIの3参照)

第19表 Table 19

ポット番號 Pot No.	供試本數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
				全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
				標準區 Control	5	4.4	8.1	139.3	117.7	21.6	30.7	26.0	4.7	78.0
5	5	3.7	7.4	102.2	84.2	18.0	26.2	21.6	4.6	74.4	74.3	74.4	50.4	469.6
11	5	3.8	7.1	81.8	66.8	15.0	22.2	18.2	4.0	72.9	72.8	73.3	52.7	455.0
12	5	3.9	7.5	107.0	85.4	21.6	25.5	19.6	5.9	76.2	77.0	72.7	52.1	332.2
13	5	3.8	10.0	117.2	94.4	22.8	30.9	24.8	6.1	73.6	73.7	73.2	37.9	406.6
14	5	3.5	6.9	70.2	56.4	13.8	17.8	14.6	3.2	74.6	74.1	76.8	51.0	456.3
15	5	3.8	7.9	97.3	77.1	20.2	23.4	18.4	5.0	76.0	76.1	75.2	47.8	368.0
無窒素區 -N	5	3.0	6.4	54.8	44.4	10.4	15.4	12.8	2.6	71.9	71.2	75.0	47.2	492.3
試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis														
5	100	84	91	73	72	83	85	83	98	95	95	95	92	85
11	100	86	88	59	57	69	72	70	85	93	93	94	97	82
12	100	89	93	77	73	100	83	75	126	98	99	93	95	60
13	100	86	123	84	80	106	101	95	130	94	95	94	69	73
14	100	80	85	50	48	64	58	56	68	96	95	98	93	82
15	100	86	98	70	66	94	76	71	106	97	98	96	88	67
無窒素區 -N	100	68	79	39	38	48	50	49	55	92	91	96	86	89

第 16 圖 Fig. 16



幹長は5號及び11號より15號に至る5個のポット計6個のポット間には大差なく、3.5 cmより3.9 cmの間にあり、標準區の4.4 cm、無窒素區の3.0 cmの中間に位する。最大は12號の3.9 cm標準區の89%である。

根長は13號10.0 cmで最も長く、標準區の123%であり、次で15號12號5號の順となる。14號最も短く、6.9 cmであるが、無窒素區の6.4 cmより尙0.5 cm長い。

生重量では11號12號13號の順に増加し、13號最大で、標準區の84%を示し、14號に至り急に減少し、15號は又増加し、標準區の70%を示す。根は13號標準區に比し6%優る。

乾重量では13號標準區に優る101%の生育を示し、次で5號12號の順となり、根及び地上部の生育の一時止まつた8月19日より20日間窒素給與を受けた14號は最も悪く、無窒素區と大差のない58%であつた。尙根では12號13號15號が標準區に優り、その試験區比數はそれぞれ126%、130%、106%であつた。

含水率は生育初期20日間窒素給與を受けた5號より、生育後期即ち9月3日より20日間窒素給與を受けた15號に至る間に増加し、15號は標準區の97%でこれと大差がない。但し12號は標準區の98%を示し例外である。

T/R率の長では5號11號12號14號標準區の90%を臺を示し、13號標準區の69%で最小である。T/R率の乾重量では、5號11號14號標準區の82%より85%の間にあり無窒素區と大差なく、12號標準區の60%で最小である。

これらの結果に就いて観察するに、ヒバは生育の中期窒素給與を受けた場合窒素を最も有効に利用する事を知る。即ち培養開始後 40 日目發芽後 60 日目 8 月 4 日より 20 日間窒素給與を受けた 13 號が最良の重量生長を行い、發芽後 50 日目 7 月 25 日より 20 日間窒素給與を受けた 12 號がその外部形態最良となる。又カラマツと異なり 9 月 3 日より窒素給與を受けた樹苗に於てもその影響を認め、含水率も生育後期に窒素給與を受けたポット程高くなつて居る。

以上窒素試験全體に涉り観察するに、窒素は培養開始時 6 月 25 日より 40 日間 8 月 4 日迄の給與で充分で、ヒバの外部形態及び重量生長も完成し、又生育初期 40 日間即ち發芽後 40 日間の窒素欠如はヒバの生育に何等の害作用を及ぼさず、その最も有効な窒素の利用時期は發芽後 60 日目 8 月 4 日より 20 日間窒素給與を受けた 13 號であつた。しかし發芽後 55 日目より始めて實驗終了時迄窒素給與を受けた 7 號が 13 號に劣る生育を示した事より考えれば、その最も有効な窒素の利用時期の決定には多少危険が存在する。これは 7 號より 15 日遅れて窒素給與を受けた 8 號が 7 號と同様の生育状態を示す事より考えれば、理論的には 7 號は 7 號の實驗結果に示されるより、より以上の生育が期待され、同時に 13 號の標準區と等しき生育も、又理論的に見て多少不完全である様に考えられ、13 號より 10 日以前 7 月 25 日より 20 日間窒素給與を受けた 12 號の乾重量 83% に近づく様に考えられるので、この最も有効な窒素の利用時期は大體 12 號と 13 號の間の時期 7 月 25 日より 8 月 4 日の間にあると考へて差支えない様に思われる。但し幹長は 12 號即ち 7 月 25 日より 20 日間窒素給與を受けた樹苗が最大であつた。

又ヒバはカラマツと異なり、9 月に入つてから又著しい幹の上生長を行うので、9 月以後に窒素給與を受けた場合にも、ヒバ苗はよくそれを利用し、幹の上生長及び重量生長の爲に資する事が可能である。しかし 9 月 13 日以後に窒素給與を受けた場合は、幹の上生長少く、且つ重量生長も殆んど水分の増加に限られる結果となる。この事實は何等樹苗の本質的な生育を意味しない。又 5 號及び 11 號より 15 號に至る計 6 個のポットで行つた實驗結果より観察するに、生育後期に窒素を給與されたヒバ苗程含水率が高くなる事は、寒冷地特に霜害の危険の多い地方の育苗に於ては考慮を要する點であると考えられ、この點からも、9 月 10 日以後の窒素給與はむしろ有害であると考えらる。

3. 磷 酸 試 験

i. 生育の如何なる時期迄磷酸を必要とするかを知る爲に、1 號より 5 號に至る 5 個のポットで行つた實驗結果は第 20 表及び第 17 圖の如し、(圖版 VII の 1 参照)

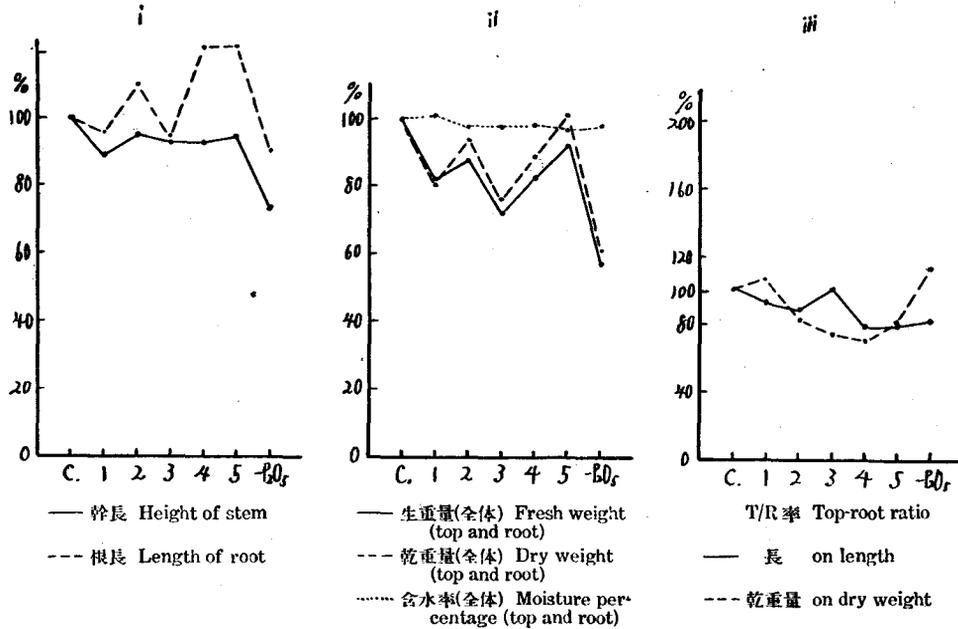
第 20 表 Table 20

ポット番 Pot No.	供試 本 數 No. of tree seedlings studied	幹 長 Height of stem (cm)	根 長 Length of root (cm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
				全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
				標準區 Control	5	4.4	8.1	139.3	117.7	21.6	30.7	26.0	4.7	78.0
1	5	3.9	7.8	114.8	96.8	18.0	24.8	21.2	3.6	78.4	78.1	80.0	49.6	588.9
2	5	4.2	8.9	122.2	98.0	24.2	29.0	23.8	5.2	76.3	75.7	78.5	47.4	457.7
3	5	4.1	7.6	99.6	80.6	19.0	23.4	18.8	4.6	76.5	76.7	75.8	54.1	408.7
4	5	4.1	9.8	116.0	92.8	23.2	27.2	21.6	5.6	76.6	76.7	75.9	41.8	385.7
5	5	4.2	9.8	128.4	103.0	25.4	30.9	25.2	5.7	75.9	75.5	77.6	42.8	442.1
無磷酸區 -P ₂ O ₅	5	3.2	7.3	80.0	66.0	14.0	18.8	16.2	2.6	76.5	75.5	81.6	44.4	623.1

試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

1	100	89	96	82	82	83	81	82	77	101	100	102	91	106
2	100	95	110	88	83	112	94	92	111	98	97	100	87	83
3	100	93	94	72	68	88	76	72	98	98	98	97	99	74
4	100	93	121	83	79	107	89	83	119	98	98	97	77	70
5	100	95	121	92	88	118	101	97	121	97	97	99	78	80
無磷酸區 -P ₂ O ₅	100	73	90	57	56	65	61	62	55	98	97	104	81	113

第 17 圖 Fig. 17



幹長は1號3.9cmで最も短く、他の2號より5號に至る4個のポットは4.1cmより4.2cmの間にあり、標準區の93%より95%の間に位する。

根長は2號4號5號標準區に優り、4號5號最も長く共に9.8cmで標準區の121%、1號3號標準區に比し僅かに短く、標準區の96%、94%を示す。

生重量は5號最大で、標準區の92%を示し、次で2號4號1號の順となる。大體1號2號3號の順に増加すると言ひ得る。根では幹葉同様5號最大で、標準に優り、118%を示す。4號2號も標準區より大きく、それぞれ標準區の107%、112%を示す。

乾重量も生重量と同様1號2號の順に増加する傾向を有す。5號最大で全體では標準區の101%を示しこれに優り、根では121%で標準區に比し可成大きいが、幹葉では97%で僅か劣る。次で2號の94%、4號の89%、1號の81%となる。培養開始後40日、即ち幹の生長の一時衰える約10日前8月4日迄磷酸給與を受けた3號は生、乾重量共最小で例外的な數値を示す。

含水率は1號2號3號の順に低下するが、その差は少く、最小の5號が標準區の97%で最大の1號が101%で標準區より僅か高いのみである。

T/R率の長では3號54.1%で、標準區の99%を示し最大で、次で1號2號の順となり、4號標準區の77%で最小値を示し、5號とともに無磷酸區の81%より小さい數値を示す。T/R率の乾重量では、1號標準區の106%でこれに優り最大で、次で2號5號の順となり、4號最小で標準區の70%である。これら5個のポットはすべて無磷酸區の113%に比すれば小さい。

これらの結果に就いて觀察するに、培養開始時より20日間磷酸給與を受けたものが、外部形態、重量生長共最良の生育を示し、それ以上の給與は反つて有害作用を及ぼす様に考えられる。この論議は磷酸試験全體に涉る考察で述べる。又窒素試験の場合の1號より5號に至る5個のポットの樹苗の含水率に比して磷酸試験の場合は一様に含水率が高くなるのは、磷酸の缺如が樹苗の強剛性に強く關係する結果と考えられ、育苗上考慮を要する點であろうと考える。

ii. 生育の如何なる時期迄磷酸を缺くも、ヒバ苗の生育に支障を來す事なきかを知る爲に6號より10號に至る5個のポットで行つた實驗結果は第21表及び第18圖の如し。(圖版VIIの2参照)

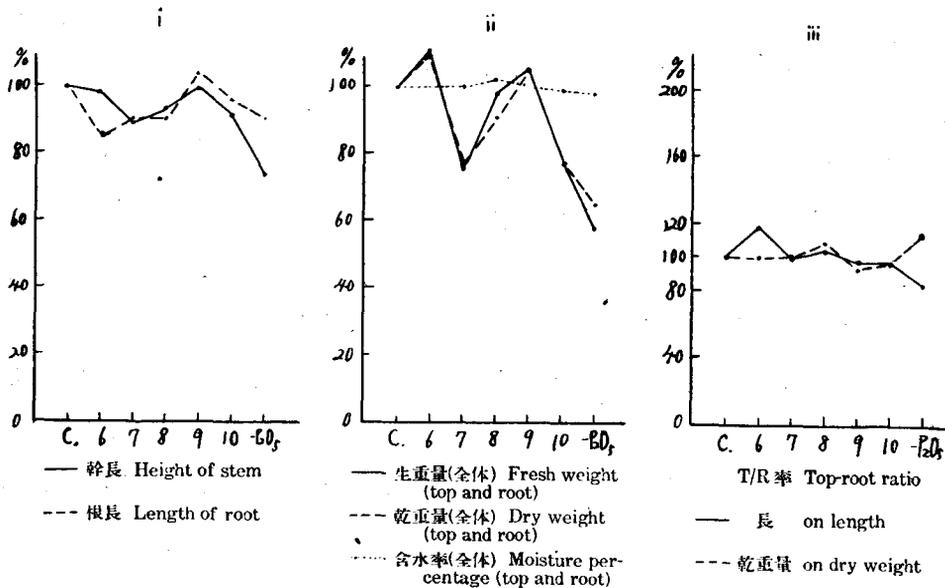
第 21 表 Table 21

ポット番號 Pot No.	供試 本數 No. of tree seedlings studied	幹 長 Height of stem (cm)	根 長 Length of root (cm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
				全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
				標準區 Control	5	4.4	8.1	139.3	117.7	21.6	30.7	26.0	4.7	78.0
6	5	4.3	6.9	154.4	129.2	25.2	33.8	28.6	5.2	78.1	77.9	79.4	63.3	550.0
7	5	3.9	7.3	105.0	86.2	18.8	23.4	19.8	3.6	77.7	77.0	80.9	53.7	550.0
8	3	4.1	7.3	136.3	113.0	23.3	28.0	24.0	4.0	79.5	78.8	82.9	56.4	600.0
9	5	4.4	8.4	146.9	122.8	24.1	32.3	27.0	5.3	78.0	78.0	78.0	52.1	509.4
10	5	4.0	7.8	108.4	91.6	16.8	25.0	21.0	4.0	76.9	77.1	76.2	51.8	525.0
無磷酸區 -P ₂ O ₅	5	3.2	7.3	80.0	66.0	14.0	18.8	16.2	2.6	76.5	75.5	81.6	44.4	623.1

試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

6	100	98	85	111	110	117	110	110	111	100	100	102	116	99
7	100	89	90	75	73	87	76	76	77	100	99	103	98	99
8	60	93	90	98	96	108	91	92	85	102	101	106	103	108
9	100	100	104	105	104	112	105	104	113	100	100	100	95	92
10	100	91	96	78	78	78	81	81	85	99	99	97	95	95
無磷酸區 -P ₂ O ₅	100	73	90	57	56	65	61	62	55	98	97	104	81	113

第 18 圖 Fig. 18



幹長は 9 號最大で標準區と同様の 4.4 cm を示し、次で 1 號の 4.3 cm である。最小は 7 號の 3.9 cm であるが、無磷酸區の 3.2 cm に比すれば可成大きい。

根長は 6 號 6.9 cm で標準區の 85% を示し、無磷酸區より悪く、7 號 8 號は無磷酸區に等しく 7.3 cm であり、9 號のみ標準區に優り 8.4 cm, 104% を示す。

生重量は 6 號最大で標準區の 111% を示し、次で 9 號で、これも標準區に優る。7 號最小で標準區の 75% の數値を示す。9 月 13 日より實驗終了時迄磷酸給與を受けた 10 號も可成の生育を示し、標準區の 78% で、無磷酸區の 57% に比し、約 20% の差を示す。

乾重量は 6 號最大で標準區の 110%、次で 9 號の 105% である。7 號は 76% で最小、10 號は 81% で無磷酸區と 20% の差を示す。

含水率に於ては、6 號 7 號 9 號は 77.7% より 78.1% の間にあり標準區の含水率の 78% と殆んど同じである。8 號最大で標準區の 102%、10 號最小で標準區の 99% である。根では 8 號最大で標準區の 106% であり、次で 7 號 6 號の順となり、共に標準區に比し高い。

T/R 率の長に於ては、6 號最大で標準區の 116% を示す以外は、標準區と大差なく、最小は 10 號の 95% である。T/R 率の乾重量に於ては、8 號最大で標準區の 108% を示す以外は、すべて標準區より低く、最小は 9 號の 92% である。これら 5 個のポットはすべて無磷酸區の 113% に比すれば小さい。

これらの結果に就いて觀察するに、磷酸はヒバの生育初期には必要なく、反つてこれを缺くものが良い生育を示した。即ち培養開始後 20 日間發芽後 40 日間磷酸を缺如した 6 號が、外部形態では標準區と殆んど異ならず、重量では標準區より 10% 良好な生育を示した。但し 9 號は例外的な生育を遂げ、標準區に優る。7 號は可成生育不良であつたが、7 號より 15 日後、即ち發芽後 70 日目に初めて磷酸給與を受けた 8 號が幹長で標準區の 93%、乾重量で標準區の 91% を示す事を考えるならば、生育初期の磷酸缺如可能期間は 6 號に示される發芽後 40 日間より多少長くて差支えない様に考えられる。

iii. 生育の如何なる時期に給與した磷酸が最も有効にヒバ苗の生育に利用されるかを知る爲に、5 號及び 11 號より 15 號に至る 5 個のポット計 6 個のポットで行つた實驗結果は第 22 表及第 19 圖の如し。(圖版 VII の 3 参照)

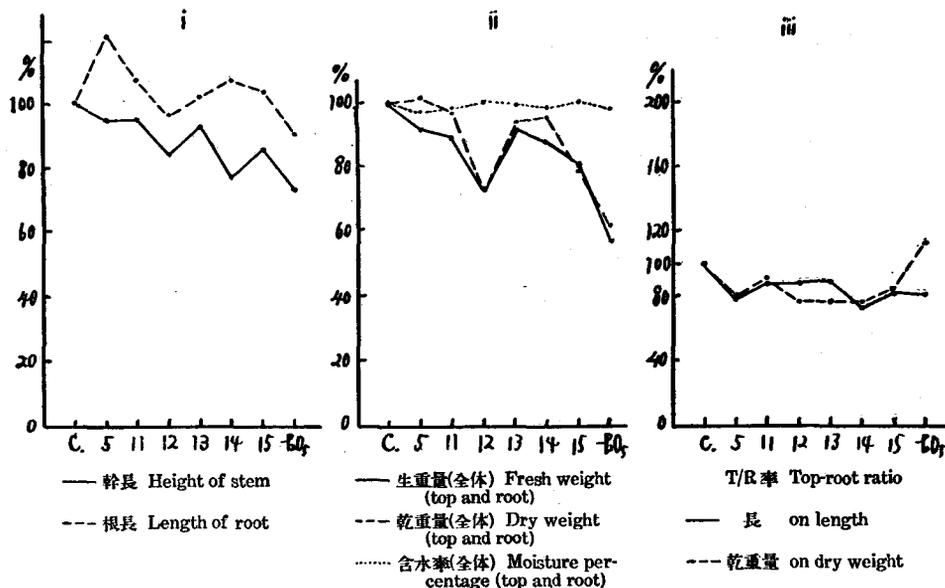
第 22 表 Table 22

ポット番號 Pot No.	供試 本數 No. of tree seedlings studied	幹 長 Height of stem (cm)	根 長 Length of root (cm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture Percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
				全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
				標準區 Control	5	4.4	8.1	139.3	117.7	21.6	30.7	26.0	4.7	78.0
5	5	4.2	9.8	128.4	103.0	25.4	30.9	25.2	5.7	75.9	75.5	77.6	42.8	442.1
11	5	4.2	8.7	124.6	100.2	24.4	29.8	24.8	5.0	76.1	75.2	79.5	48.0	496.0
12	5	3.7	7.8	100.6	79.2	21.4	22.2	18.0	4.2	77.9	77.3	80.4	47.8	428.6
13	5	4.1	8.3	127.8	101.4	26.4	29.0	23.4	5.6	77.3	76.9	78.8	48.8	417.9
14	5	3.4	8.7	122.9	97.3	25.6	29.2	23.6	5.6	76.2	75.7	78.1	39.6	421.4
15	5	3.8	8.4	112.6	91.0	21.6	24.8	20.4	4.4	78.0	77.6	79.6	45.0	463.6
無磷酸區 -P ₂ O ₅	5	3.2	7.3	80.0	66.0	14.0	18.8	16.2	2.6	76.5	75.5	81.6	44.4	623.1

試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

5	100	95	121	92	88	118	101	97	121	97	97	99	78	80
11	100	95	107	89	85	113	97	95	106	98	97	102	88	90
12	100	84	96	72	67	99	72	69	89	100	99	103	88	77
13	100	93	102	92	86	122	94	90	119	99	99	101	89	76
14	100	77	107	88	83	119	95	91	119	98	97	100	73	76
15	100	86	104	81	77	100	80	78	94	100	100	102	82	84
無磷酸區 -P ₂ O ₅	100	73	90	57	56	65	61	62	55	98	97	104	81	113

第 19 圖 Fig. 19



幹長は 14 號最小で 3.4 cm 標準區の 77% を示し無磷酸區と大差がない。最大は 5 號 11 號の 4.2 cm 標準區の 95% である。

根長は 5 號 9.8 cm で標準區の 121% を示し最大で、6 個のポット中 12 號のみ標準區に劣り、最小で標準區の 96% である。

生重量は 5 號最大で標準區の 92% で、13 號もこれと同様の數値を示す。最小は 12 號の 72% である。根は 12 號が標準區より僅かに劣る 99% を示すのみで、他の 5 個のポットはすべて標準區に優り、最大は 13 號の 122% である。

乾重量は 5 號僅か標準區に優り、標準區の 101% で、次で 11 號 14 號 13 號の順となり、13 號は 94% で標準區と大差がない。最小は 12 號の 72% である。9 月 3 日より 20 日間磷酸給與を受けた 15 號は標準區の 80% で、無磷酸區より約 20% 良い生育を示す。

含水率は 5 號最小で標準區の 97%、15 號は標準區の含水率と同様の 78% で最大である。根の含水率は 5 號以外の他の 5 個のポットはすべて標準區の含水率に優り、最大は 12 號でその験試區比數は 103% である。

T/R 率の長では、12 號最大で標準區の 89% を示し、最小は 14 號の 73% である。T/R 率の乾重量では、11 號最大で標準區の 90% を示し、13 號は最小の 76% を示す。

これらの結果に就いて觀察するに、磷酸は培養開始直後より 20 日間給與されし場合、ヒバ苗に依り最も有効に利用される事を知る。しかして第 19 圖に於て見られる如く、生重量、乾重量は二つの山をなす。即ちヒバの幹の上長生長の止る時期に 20 日間の磷酸給與を完了した 12 號は最も悪い生育状態を示し、山の間谷の位置をとり、それより 30 日以前に 20 日間磷酸給與を受けた 5 號が山の頂の位置を取る。他の山の頂は幹の新しい上長生長の行なわれる 9 月初旬に 20 日間の磷酸給與の後半が入つた 14 號が占める事は興味ある問題である。幹の上長生長の停止期間は磷酸給與を受けた 13 號は例外的な良い生育を示した。

以上磷酸試験全體に涉り觀察するに、磷酸は發芽後 20 日目、培養開始時 6 月 25 日より 20 日間の給與で充分で、それ以上の給與即ち 9 月 3 日迄の給與は反つて有害作用を表し、且つ發芽後 40 日間磷酸を缺如するも、以後の給與に依り生育は完成する。その最も有効な磷酸の利用時期は 6 月 25 日より 20 日間 7 月 15 日迄である。

この結果は石塚教授が小麦で行つた實驗結果と非常に良く一致する。即ち小麦發芽後 20 日間で磷酸給與を打切り、以後無磷酸培養液で培養せるものが、草丈に於て 82 cm の生長を示し、標準區の 77 cm に優り、最大は 45 日後に磷酸給與を打切つた場合の 84 cm で、以後磷酸給與打切り時期が遅れるに従い草丈減少し、標準區に近ずき、又風乾重も 55 日間で磷酸給與を打切

つた場合最大となり、打切時期が遅れるに従い標準區に近づく。發芽後 45 日及び 35 日迄磷酸給與を行つたもの、即ち磷酸給與を受けた期間 35 日及び 25 日間のものも標準區に比し、可成良好な生育を示して居る。氏は之の結果を次の如く説明して居る。即ち磷酸の缺如に依り培養液中に於ける窒素と磷酸とが其の均衡を失し、兩者が異常なる比率を採る結果窒素の卓越性が表われて來る爲であろうと。

この説明を借りれば、ヒバの場合の 5 號の良好な生育状態を説明する事はさして困難でない。但し、磷酸給與期間 20 日間の 5 號が標準區と同様の生育を示し、磷酸給與期間 30 日間、40 日間、55 日間等の各ポットが標準區に劣るのは、小麥が S 字型の生長曲線を示すに反し、ヒバは所謂階段型、即ち生育中期に幹の上長生長が一時衰え、生育後期に入つて再び旺盛な生長をなす爲、生育初期より 70 日間の給與に依るも、磷酸給與打切時期は 9 月 3 日である爲再び始まるヒバ苗の生育に必要な磷酸を缺く爲に生育標準區に劣り、これが全體の結果に現われた爲であろうと考えられる。この説明は磷酸試験 iii で生育初期 20 日間磷酸の給與を受けた 5 號が最大の生育を示し、以後給與時期遅れるに従い生育悪く、9 月に新しく始まる幹の上長生長時期少し以前より 20 日間の磷酸給與を受けた 14 號に至り、再び急激に生育良好となる結果と比較し考ふるならば、可成信用し得べき説明であると考えられる。

しかして磷酸を缺く場合は窒素を缺く場合と異なり、本研究で調査した範圍では、一般に樹苗が軟弱になる以外は、可成長期に涉り磷酸が缺如する場合にも、害作用と認められる現象は何等現われて來なかつた様に思われる。

4. 加里 試 験

i. 生育の如何なる時期迄加里を必要とするかを知る爲に、1 號より 5 號に至る 5 個のポットで行つた實驗結果は第 23 表及び第 20 圖の如し。(圖版 VIII の 1 参照)

幹長は 3 號を除けば、1 號 2 號の順に減少して居る。1 號 4.4 cm で標準區と等しく、4 號 5 號共に 3.9 cm で標準區の 89% であり、無加里區の 3.7 cm と大差がない。

根長は 5 個のポット一様に悪く、5 號が最大で 7.6 cm、標準區の 94% を示し、標準區の 90% 臺を越えるただ一つのものである。次で 1 號 3 號の 6.6 cm、81% で、2 號は最小で標準區の 73% である。しかし無加里區の 4.6 cm、標準區の 57% に比すれば可成長い。

生重量は 3 號を除けば 1 號 2 號の順に増加する。即ち幹長の場合と反對の結果を示す。5 號最大で標準區の 91% を示し、3 號は無加里區の 60% より小さい 59% を示し最小である。根では 5 號が標準區の 125% でこれに優り、他はいずれも標準區より小さく、最小は 3 號の 63% で無加里區に劣る。

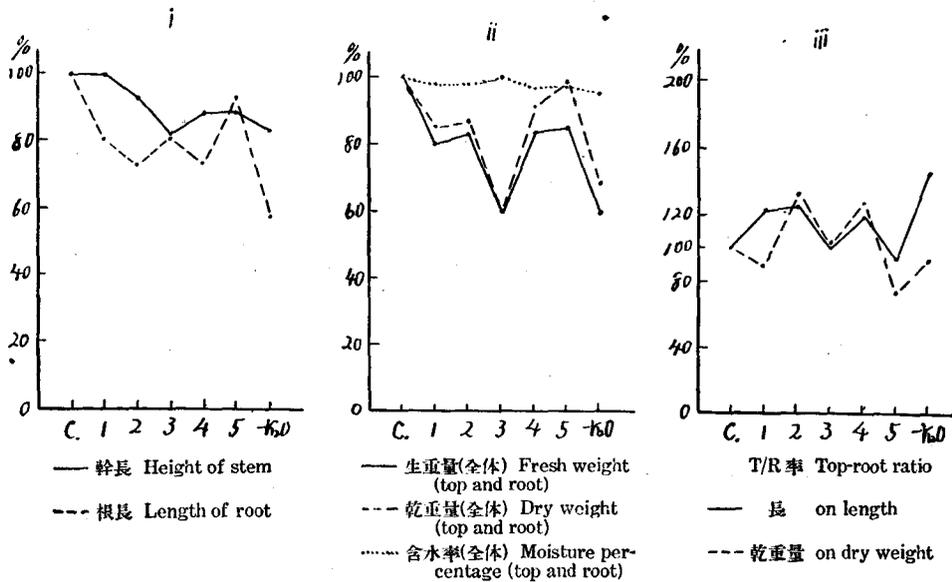
第 23 表 Table 23

ポット番號 Pot No.	供試本數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
				全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
				標準區 Control	5	4.4	8.1	139.3	117.7	21.6	30.7	26.0	4.7	78.0
1	5	4.4	6.6	111.5	92.4	19.1	26.2	21.8	4.4	76.5	76.4	77.0	66.6	495.5
2	5	4.1	5.9	115.3	98.3	17.0	26.8	23.6	3.2	76.8	76.0	78.8	68.4	737.5
3	4	3.6	6.6	82.8	69.3	13.5	18.3	15.5	2.8	77.9	77.6	79.6	54.6	563.6
4	5	3.9	6.0	117.3	99.2	18.1	28.1	24.6	3.5	76.0	73.0	80.7	65.1	702.9
5	5	3.9	7.6	127.2	100.2	27.0	30.4	24.4	6.0	76.1	75.7	77.8	50.8	406.7
無加里區 -K ₂ O	5	3.7	4.6	83.8	69.4	14.4	20.8	17.4	3.4	75.2	74.9	76.4	79.6	511.8

試驗區比數 標準區 100% Percentage of each pot on control basis

1	100	100	81	80	78	88	85	84	94	98	98	98	122	90
2	100	93	73	83	84	79	87	91	68	98	98	101	125	133
3	80	82	81	59	59	63	60	60	60	100	100	102	100	102
4	100	89	74	84	84	84	92	95	74	97	94	103	119	127
5	100	89	94	91	85	125	99	94	128	98	97	99	93	74
無加里區 -K ₂ O	100	84	57	60	59	67	68	67	72	96	96	98	146	93

第 20 圖 Fig. 20



乾重量は3號を除けば1號2號の順に増加し、5號最大で標準區の99%を示し、これと殆んど異なる。

含水率は3號77.9%で、標準區の含水率78.0%と異なる5個のポット中最大で、4號は標準區の97%を示し最小である。根に於ては2號3號4號標準區より高い含水率を示す。

T/R率の長では5號を除いた他のポットはすべて標準區より大きく、2號最大で標準區の125%、5號最小で標準區の93%である。しかしこれら5個のポットは無加里區の146%に比すればいずれも小さい。T/R率の乾重量では2號3號4號いずれも標準區より大きく、最大は2號で標準區の133%である。1號5號は標準區及び無加里區の93%より小さく、最小は5號の74%である。

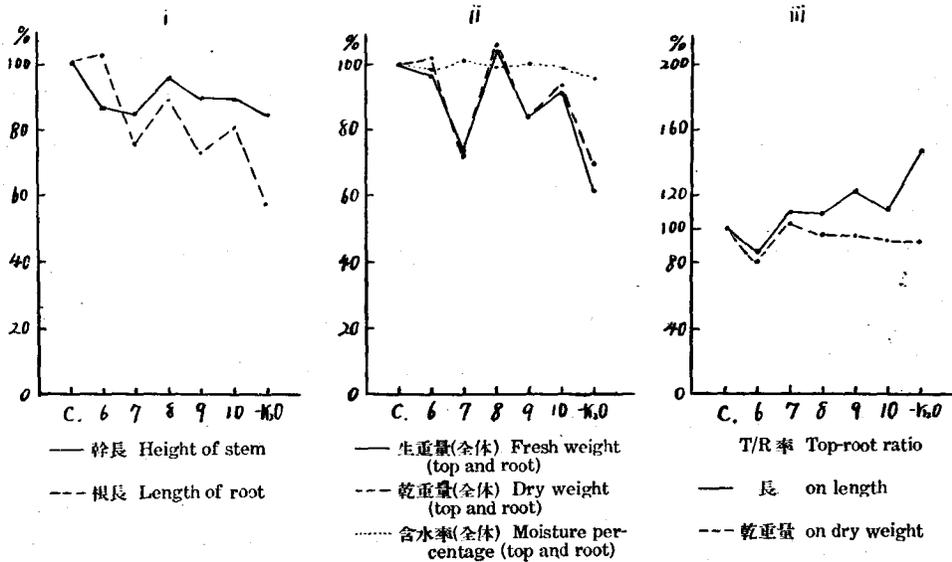
これらの結果に就いて觀察するに、外部形態完成の爲には培養開始後70日間の加里給與が必要であるが、重量生長の爲には20日間で充分で、それ以上の加里給與は反つて有害であると考えられる。この實驗に於て40日間加里給與を受けた3號が無加里區より悪い生育を示して居るが、これは何等かの生理的障害を受けた結果であらうと考えられる。

ii. 生育の如何なる時期迄加里を缺くもヒバ苗の生育に支障を來す事無きかを知る爲に、6號より10號に至る5個のポットで行つた實驗結果は第24表及び第21圖の如し。(圖版VIIIの2参照)

第24表 Table 24

ポット番號 Pot No.	供試本數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
				全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
				標準區 Control	5	4.4	8.1	139.3	117.7	21.6	30.7	26.0	4.7	78.0
6	5	3.8	8.3	135.4	108.2	27.2	31.4	25.6	5.8	76.8	76.3	78.7	46.4	441.4
7	5	3.7	6.1	101.4	84.6	16.8	21.8	18.6	3.2	78.5	78.0	81.0	60.3	581.3
8	5	4.2	7.2	143.0	119.4	23.6	32.0	27.0	5.0	77.6	77.4	78.8	58.7	540.0
9	5	3.9	5.8	115.3	96.0	19.3	25.4	21.4	4.0	78.0	77.7	79.3	66.8	525.0
10	5	3.9	6.5	128.2	106.0	22.2	28.4	23.8	4.6	77.8	77.5	79.3	59.8	517.4
無加里區 -K ₂ O	5	3.7	4.6	83.8	69.4	14.4	20.8	17.4	3.4	75.2	74.9	76.4	79.6	511.8
試驗區比數 標準區 100%				Percentage of each pot on control basis										
6	100	86	102	97	92	126	102	98	123	98	98	101	85	80
7	100	84	75	73	72	78	71	72	68	101	100	104	110	105
8	100	95	89	103	101	109	104	104	106	99	99	101	108	98
9	100	89	72	83	82	89	83	82	85	100	100	101	122	97
10	100	89	80	92	90	103	93	92	98	100	99	101	110	94
無加里區 -K ₂ O	100	84	57	60	59	67	68	67	72	96	96	98	146	93

第 21 圖 Fig. 21



幹長は 8 號 4.2 cm で最大で、9 號 10 號これに次ぎ 3.9 cm である。6 號は 3.8 cm で無加里區と殆んど等しく、7 號は 3.7 cm で無加里區に等しい。

根長はいずれも無加里區より長いが、標準區に優るのは 6 號の 8.3 cm 標準區の 102% のみで他はいずれもこれに劣り、最小は 9 號の 5.8 cm 標準區の 72% である。

生重量は培養開始後 50 日にして初めて加里給與を受けた 8 號が最大で、標準區の 103% を示し、次で 6 號の 97% である。7 號最小で標準區の 73% である。根では 6 號 8 號 10 號標準區に優り、最大は 6 號の 126% である。

乾重量は 8 號 6 號共に標準區に優り、最大は 8 號で標準區の 104%、最小は 7 號の 71% でこれは無加里區の 68% に比して殆んど差がない。

含水率に於ては 5 個のポットは標準區の 98% より 101% に間に在り、見るべき差なく、最高は 7 號で、最低は 6 號である。しかして 7 號を除けば大體 6 號 8 號 9 號の順に増加して居る事が知られる。

T/R 率の長では 6 號以外はすべて標準區より大きいが、しかし無加里區に比すれば 5 個のポット共可成小さく、最小は 6 號で標準區の 85%、最大は 9 號の 122% である。T/R 率の乾重量では、7 號標準區に優り、標準區の 105% を示す以外は、いずれも標準區より低く、6 號は無加里區より低い 80% を示し、最小である。

これらの結果に就いて觀察するに、外部形態完成の爲には發芽後 70 日、培養開始後 50 日

目8月14日より實驗終了時迄加里給與を行う場合が最も良好で、重量生長もこの時期が最良であるが、これより15日前7月30日より加里給與を受けた7號の不良な生育状態を考へるならば、發芽後70日間は加里を必要としないと言う結論は差控えた方がよい様に考へられる。しかし發芽後40日間加里を缺如した6號も標準區に優る重量生長を示す事より、發芽後40日間は加里を缺如するも、ヒバ苗の生育に支障を來す事が無いと確言して差支えないと考へられる。

又10號は9月13日より加里給與を受けたにかかわらず、例外的なよい生育を示した。

iii. 生育の如何なる時期に給與した加里が、ヒバ苗の生育も有効に利用されるかを知る爲に、5號及び11號より15號に至る5個のポット計6個のポットで行つた實驗結果は第25表及び第22圖の如し。(圖版VIIIの3参照)

第25表 Table 25

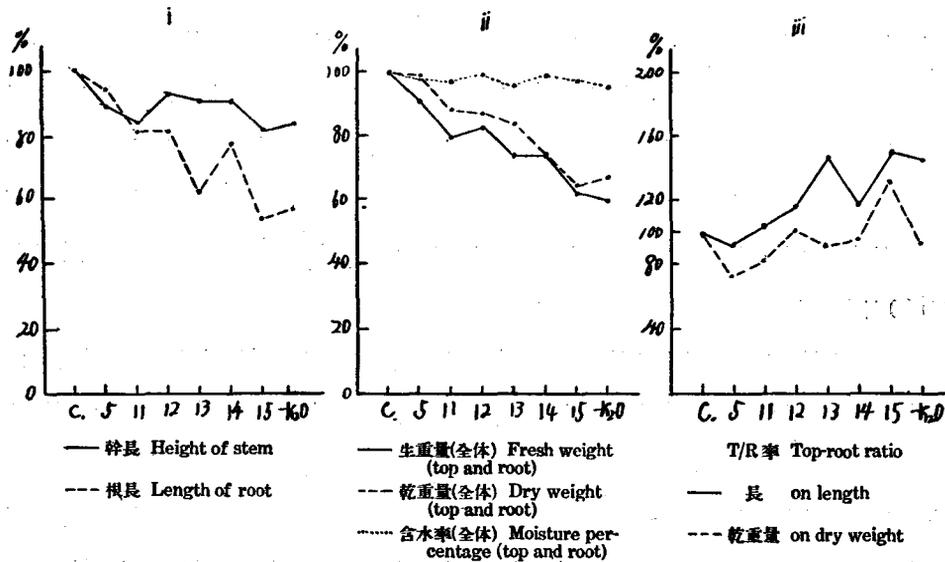
ポット番號 Pot No.	供試本數 No. of tree seedlings studied	幹長 Height of stem (cm)	根長 Length of root (cm)	生重量 (mg) Fresh weight			乾重量 (mg) Dry weight			含水率 (%) Moisture Percentage			T/R率 (%) Top-root ratio	
				全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	全体 top and root	幹葉 top	根 root	長 on length	乾重量 on dry weight
				標準區 Control	5	4.4	8.1	139.3	117.7	21.6	30.7	26.0	4.7	78.0
5	5	3.9	7.6	127.2	100.2	27.0	30.4	24.4	6.0	76.1	75.7	77.8	50.8	406.7
11	5	3.7	6.6	111.0	89.4	21.6	27.0	22.2	4.8	75.7	75.2	77.8	56.7	462.5
12	5	4.1	6.6	115.2	94.8	20.4	26.6	22.6	4.0	76.9	76.2	80.4	63.1	565.0
13	5	4.0	5.0	102.8	83.6	19.2	25.8	21.6	4.2	74.9	74.2	78.1	79.6	514.3
14	5	4.0	6.3	102.9	84.1	18.8	23.0	19.4	3.6	77.6	76.9	80.9	64.0	538.9
15	4	3.6	4.4	86.3	74.0	12.3	20.0	17.6	2.4	76.8	76.2	80.6	81.7	742.1
無加里區 -K ₂ O	5	3.7	4.6	83.8	69.4	14.4	20.8	17.4	3.4	75.2	74.9	76.4	79.6	511.8

試驗區比數 標準區 100%

Percentage of each pot on control basis

5	100	89	94	91	85	125	99	94	128	98	97	99	93	74
11	100	84	81	80	76	100	88	85	102	97	97	99	104	84
12	100	93	81	83	81	94	87	87	85	99	98	103	116	102
13	100	91	62	74	71	89	84	83	89	96	95	100	146	93
14	100	91	78	74	71	87	75	75	77	99	99	103	117	97
15	80	82	54	62	63	57	65	68	51	98	98	103	150	134
加里區無 -K ₂ O	100	84	57	60	59	67	68	67	72	96	96	98	146	93

第 22 圖 Fig. 22



幹長は生育中期20日間加里給與を受けた場合大きく、生育初期及び後期に加里給與を受けたポットは小さい。即ち最大は12號の4.1cm標準區の93%で、最小は15號の3.6cmで、これは無加里區の3.7cmに比し僅かに小さい。

根長はすべて標準區より短かく、5號は7.6cm標準區の94%で最大であり、最小は無加里區より僅かに短い15號の4.4cmである。

生重量は生育初期に加里給與を受けたポットが最大で、加里給與時期が遅れるに従い減少し、15號は最小で、標準區の62%を示し、無加里區と殆んど差がない。根では11號標準區と等しく、5號標準區に優り125%を示す。

乾重量も生重量と同様の傾向を示すが、ただ生重量に於て無加里區に僅かに優つて居た15號が、乾重量ではこれより僅かに少い生育を示す。この差は根より由來する。

含水率は13號無加里區より僅かに低いが、試験區比數では共に96%で最小であり、最大は14號の99%である。

T/R率の長では5號を除いた他のポットはすべて標準區より大きく、15號最大で標準區の150%である。T/R率の乾重量では12號15號標準區より大きく、15號最大で標準區の134%を示し、5號11號は無加里區の93%より小さく、5號最小で74%である。

これらの結果に就いて觀察するに、外部形態完成の爲には生育中期に加里給與を行つた場合最も有効に樹苗はこれを利用する。即ち發芽後50日目8月4日より20日間加里給與を受け

た 12 號が最大の上長生長を示す。しかるに重量生長は生育初期即ち 6 月 25 日より 20 日間加里給與を受けた 5 號が最大であつた。

以上加里試験全體に涉り觀察するに、重量生長の爲には加里は發芽後 20 日目培養開始時より 20 日間の給與で充分で、それ以上は反つて有害である様に考えられる。しかし幹の上長生長の爲には培養開始時より 55 日間の給與が必要である。又發芽後 40 日間は加里を缺如するもヒバ苗の生育には殆んど影響しない。又ヒバ苗の外部形態完成の爲に加里を最も必要とする時期は 8 月 4 日より 8 月 24 日迄の 20 日間であるが、重量生長の爲には 6 月 25 日より 7 月 25 日迄の 20 日間であつた。

この結果を見るに重量生長は磷酸試験の場合とよく一致する。但し加里試験の場合は磷酸試験の場合と異なり、新しく新葉を發生し、幹の上長生長を行う 9 月前後に加里を給與するも重量は急激な増加を見ない。異なるのはこの點のみである。しかるに、幹の上長生長は磷酸試験の場合は重量生長と比例するが、加里試験の場合は何等比例的關係は見出されず、重量生長は加里給與を生育初期に受けた場合、幹の上長生長は加里給與を生育中期に受けた場合に良好であると一定して居る。これは磷酸と加里の非常に異なる點である。

加里試験に見られる著しい特色の一つは、主根の長さが標準區に比して非常に短い事であり、15 個のポットの樹苗中標準區の 90% 以上を示すものは 5 號と 6 號の樹苗のみである。

考 察

本研究に於て、カラマツでは我々の一人がアカエゾマツ、クロエゾマツ、トドマツ等で行つた結果最も適當であると知つた硫酸アンモニアを窒素源とする培養液を使用し、ヒバでは芝本氏がスギ、ヒノキで最良の結果を得た硝酸アンモニアを窒素源とする培養液を使用した。磷酸、加里等は KNOP 氏培養液に使用された鹽類と同様である。但し濃度は KNOP 氏培養液の約 10 分の 1 で、硝酸カルシウム中のカルシウムを鹽化カルシウムで代用したものである。勿論この二つの培養液が本研究で使用されたカラマツ及びヒバの培養に最適であるとは言われない。これら最適培養液の決定は今後の研究に依らねばならぬ事は勿論である。しかし本研究の様な目的を有する實驗を行う場合には、各鹽類の過剰に依る有害作用さえないならば、種々の方法で培養した樹苗の生育状態の差は、培養液が最適のものであるか、しからざるかにより大小の違いこそあれ、共に認められるべきものであると考え、敢てこの研究を遂行したものである。しかして肥後氏が KNOP 氏培養液を用い、スギで行つた水中培養試験、即ち標準區、無窒素區、無磷酸區、無加里區の 4 區を比較して居るのであるが、この結果が、本研究のヒバのそ

れと一致して居るのは興味ある問題である。

又培養液の量も問題となる。春日井氏の實驗結果で明らかな如く、培養液の量の多少は培養した植物の生育に著しく影響して居る。本研究では一應カラマツでは 400 cc に 5 本、ヒバでは 200 cc に 5 本培養したのであるが、これも研究の要があろう。

尙樹苗の培養には通氣の必要を認める。即ち本研究では液面降下法と同時に通氣を行つた。空氣はまず 50% の苛性カリ溶液を通り、炭酸ガスを除かれた後、培養液に與えられた。

これら二つの方法で樹苗が完全に培養されたので、通氣及び液面降下法の必要性を力説するものである。

カラマツ、ヒバでは各要素の吸収、利用に就いて著しい差が認められる。その一つは窒素であるが、カラマツは生育初期窒素を缺く場合は、後これが與えられるも、その影響は可成長い期間認められない。ヒバと異なるカラマツのこの状態は、水中培養に依る爲か、或はカラマツ本來の性質に由来するものかは研究の要があろう。比較的土壤状態に近い砂中培養に依り、これを確かめる事も一つの方法であると考え。

しかるに磷酸及び加里は窒素と異なり、カラマツ苗培養に於ても、生育初期これを缺くも給與と同時に直ちにその影響が認められる。しかし 8 月下旬以後は給與を行うも、幹の上長生長は殆んど行なわれず、主として幹及び根の肥大生長に用いられるのみである。これはヒバ苗の場合と異なる。この差異はカラマツとヒバとの生育過程の異なる事に依るもので、カラマツでは幹の上長生長は S 字型曲線を示すに反し、ヒバでは生育初期及び生育後期に幹の上長生長が盛んに行われ、生育中期には上長生長が衰える事に基因するものと思われる。根ではカラマツ生育初期と生育後期に盛んに側根を發生し、生育中期には生育殆んど停止するかに見える。この爲に地下部と地上部、即ち根と幹葉との生育状態の割合に比例して居る生育初期と、肥大生長のみを行う地上部と、新しく側根を發生し旺盛な根の生育を見る生育後期に可驗要素を給與された各カラマツ苗はその乾重量の T/R 率が減少する結果を見る。カラマツ苗は主根の伸長生長は殆んど種子中に内在するエネルギーに依るに反し、ヒバ苗ではこれと異なり、主根の伸長生長は可驗要素を受ける期間及びその時期に關係し、生育中期に根の生長は一時劣る觀を呈するも、全體としては全生育期間伸長生長を行つて居ると言い得よう。又側根の發生はカラマツに比すれば著しく悪い。

磷酸及び加里試験に就いて觀察するに、カラマツでは、磷酸及び加里の給與期間の長い程その生育は良好となるに反し、ヒバでは生育初期に 20 日間程度これを給與した場合その生育は良好である。このヒバの磷酸試験の結果は石塚氏が小麦で行なつた實驗の結果とよく一致する、

氏は之を次の如く説明して居る。即ち磷酸の缺如に依り、培養液中に於ける窒素と磷酸とがその均衡を失し、両者が異常なる比率を採る結果窒素の卓越性が表われて来る爲であろうと。又ヒバ苗の加里試験に於ても、1, 2の點を除けば磷酸試験の結果と類似する結果を得たが、石塚氏が磷酸試験に就いて述べた上述の説明が適用されるであろうか。加里は植物体内に於て移動能力がある爲、小量存在すれば、植物體中に移動補缺の結果加里缺如に依る障害を免がれ得ると考えられて居る要素である。いずれにせよ、カラマツ苗の場合と非常に異なるヒバのこの結果は興味ある問題であり、再度の實驗に依り確かめねばならないと考える。同時に全生育期間標準培養液で培養したヒバ苗の1年間の生長量が乾重量で30 mg 内外なる事を考えると種子中に含有せられる各要素が、可成支配的な役割を演ずる事も考えられ、數年間に渉る培養の必要も痛感するものである。

カラマツ苗培養に於て、生育初期可驗要素を缺くものと、生育後期可驗要素を缺くものと著しい差は乾重量の T/R 率に現われる。即ち前者は根の生育悪く、T/R 率高くなるに反し、後者は根の生育標準區と異なる所なく、地上部の生育標準區に劣る爲 T/R 率低くなる事である。

しかして磷酸試験及び加里試験の樹苗は、カラマツ、ヒバ共窒素試験のそれより含水率が高くなる。即ち樹苗が軟弱になる事は注意を要する。又ヒバの場合は可驗要素の給與を生育後期に受けた樹苗程含水率が高くなり、特に窒素ではそれが著しい。

窒素、磷酸及び加里の何れかを缺く培養液で全生育期間樹苗を培養した結果に依ると、カラマツでは窒素を缺く場合最も生育悪く、次で加里、磷酸の順となり、根では加里を缺如せる培養液で培養された無加里區が最も生育が悪い。ヒバでは窒素、磷酸、加里の順となる。

加里を缺く場合、カラマツでは何等かの生理的障害に依り、枯死する危険が存在するが、磷酸或は窒素を缺く場合には危険は無く、ヒバではこの3要素のいずれかを缺く培養液で培養するも枯死の危険は存在しない。但し、加里を缺く場合は樹苗の根の尖端が腐敗する。

又カラマツ苗では、本研究に用いた各要素の缺如の徴候は種子發芽後45日以内に明らかに顯われるが、ヒバ苗では窒素缺如にその徴候を見るのみで、磷酸或は加里缺如の場合には見られなかつた。

摘 要

カラマツ、ヒバを用い、水中培養法に依り、窒素、磷酸、加里が生育の如何なる時期迄必要か、如何なる時期迄必要なきか及びその最も有効な利用時期は何時かに就いて實驗を用い、

次の結果を得た。

I. カラマツに就いて

1. 窒素は培養開始後 70 日間 9 月 1 日迄の給與を必要とし、外部形態完成の爲には 55 日間で足りる。窒素の最も有効な利用時期は外部形態完成の爲には 7 月 8 日より 7 月 28 日迄の 20 日間で、重量生長の爲には 6 月 23 日より 7 月 23 日迄の間に給與すれば良い事を知つた。發芽後 45 日間培養開始後 20 日間の窒素缺如に依り、その後窒素給與を受けるも生育の恢復せざる事を知つた。

2. 磷酸は培養開始後 40 日間の給與で充分である。磷酸の最も有効な利用時期は發芽後 40 日目 7 月 8 日よりの 20 日間で、又發芽後 45 日間磷酸を缺如する場合は、根の生育には殆んど影響ないが、地上部の生育は標準區に比し多少劣る。

3. 加里は培養開始後 40 日間の給與で、地上部は充分な生育を示すが、根は 70 日間の給與を持つてしても未だ足りず、加里の最も有効な利用時期は發芽後 55 日目 7 月 23 日よりの 20 日間で、發芽後 40 日間の加里缺如はカラマツ苗の生育には殆んど影響しない。

II. ヒバに就いて

1. 窒素は培養開始後 40 日間 8 月 4 日迄の給與で充分で、窒素の最も有効な利用時期は 7 月下旬前後と考えられ、發芽後 40 日間の窒素缺如はヒバ苗の生育に殆んど影響しない。

2. 磷酸は生育初期 20 日間即ち發芽後 20 日目 6 月 25 日より 7 月 15 日迄の 20 日間の給與で充分で、それ以後即ち 9 月 3 日迄の給與は有害であり、磷酸の最も有効な利用時期は前同様 6 月 25 日より 7 月 15 日迄の 20 日間であり、發芽後 40 日間は磷酸を必要としない。

3. 加里は培養開始時より 20 日間の給與でその重量生長は標準區と異ならないが、幹の上長生長の爲には 9 月 3 日迄の 70 日間の給與を必要とし、加里の最も有効時期は、重量生長の爲には 6 月 25 日よりの 20 日間であり、外部形態完成の爲には 8 月 4 日よりの 20 日間である。又發芽後 40 日間は加里を必要としない。

参 考 文 献

- 1) ADDOMS, R. M.: Nutritional studies on loblolly pine. Pl. Phy. 12, 199-205, 1937.
- 2) 明永久次郎: 硫酸アンモニアの施肥期に就いて, 林試報告, 26號, 1-23, 1924.
- 3) BRENCHLEY, W. E.: The phosphate requirement of barley at different periods of growth. Ann. Bot. 18, 89-110, 1929.
- 4) CLARK, W. M.: The determination of hydrogen ions. 3rd ed. Baltimore. 1928.
- 5) GERICKE, W. F.: The beneficial effect to plant growth of the temporary depletion of some of the essential elements in the soil. Science Vol. LIX, No. 1527, 321-324, 1924.

- 6) GERCKE, W. F.: The beneficial effect to wheat growth due to depletion of available phosphorus in the culture media. Science Vol. LX, No. 1552, 297-298, 1924.
- 7) GERCKE, W. F.: Salt requirement of wheat at different growth phases. Bot. Gaz. 80, 410-425, 1925.
- 8) 肥後 純: 杉稚樹の形態に及ぼす肥料三要素の影響に就いて(第1報), 日林會員研究論文集, 15-18, 1942.
- 9) 北海道林業試験所時報: 窒素, 磷酸並びに加里缺乏のエゾマツ稚樹の外観に及ぼす影響に就いて, 北海道林業試験所時報, 第10號, 1938.
- 10) HOWELL, J.: Relation of western yellow pine seedlings to the reaction of culture solution. Pl. Phy. 7, 657-671, 1932.
- 11) 石塚喜明: 小麥の生育と養分の吸収及び利用に關する肥料學的基礎研究, 寒地農學. 第1卷, 1號, 1-92, 1946. 2號, 129-194, 1947.
- 12) 春日井新一郎: 水耕法に關する研究, 日土肥誌 13, 669-882, 1939.
- 13) LUNDEGARDH, H.: Die Nährstoffaufnahme der Pflanzen. Jena, 1932.
- 14) MEVIUS, W.: Die Wirkung der Ammoniumsalze in ihrer Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. Planta 6, 379-455, 1928.
- 15) MILLER, E. C.: Plant physiology. New York & London, 1931.
- 16) MÖLLER, A.: Karenzerscheinungen bei der Kiefer. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 36, 745-756, 1904.
- 17) 守屋重政: 杉苗の施肥期に關する試験, 林試報告, 第10號, 163-172, 1912.
- 18) 守屋重政: 扁柏苗に對する窒素肥料の施肥期及び肥効試験, 林試報告, 第11號, 21-32, 1913.
- 19) 守屋重政: 苗木に對する肥料三要素試験, 林試報告, 第22號, 71-85, 1921.
- 20) 守屋重政・永井芳雄: 酸性土壤に對する樹種の抵抗に就いて, 林試報告, 第26號, 1-23, 1924.
- 21) MOTHES, K.: Ueber den N-Stoffwechsel der Coniferen. Ber. d. Deut. Bot. Ges. 45, 472-480, 1927.
- 22) MOTHES, K.: Zur Kenntnis des N-Stoffwechsel hoherer Pflanzen. Planta 12, 687-731, 1931.
- 23) 中山治朗: 林木水耕に於ける通氣量の影響, 日林會誌, 第32卷, 4號, 108, 1950.
- 24) 大政正隆・塘 隆男: 林木稚苗の水耕法に關する二三の實驗, 日林會誌, 第32卷, 9號, 305-310, 1950.
- 25) RAMANN, E.: Die zeitlich verschiedene Nährstoffaufnahme der Waldbäume und ihre praktische Bedeutung für Düngung und Waldbau. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 43, 747-757, 1911.
- 26) 齋藤 清: 作物水耕の理論と實際, 朝倉書店, 東京, 1949.
- 27) 坂村 徹: 植物生理學, 裳華房, 東京, 1943.
- 28) 佐藤義夫・山口千之助: 水中培養による樹苗の生育と窒素源及び水素イオン濃度との關係, 北大演習林報告, 第11卷, 1號, 1-45, 1939.
- 29) 芝本武夫: 林木稚苗の水耕法に關する研究(第1報) 榮養液の組成, 東大演習林報告, 第36號, 63-92, 1943.
- 30) 芝本武夫・高原末基: 林木稚苗の水耕法に關する研究(第2報) 榮養液中の N, K₂O, P₂O₅ 三要素の相對的濃度と林木稚苗發育との關係, 東大演習林報告, 第36號, 93-122, 1943.
- 31) 芝本武夫・高原末基: 林木稚苗の水耕法に關する研究(第3報) 榮養液の反應が種苗の發育に及ぼす影響(I), 東大演習林報告, 第38號, 59-69, 1950.
- 32) 芝本武夫・高原末基・川名明: 林木稚苗の水耕法に關する研究(第4報) 榮養液の反應が種苗の發育に及ぼす影響(II), 東大演習林報告, 第38號, 71-93, 1950.
- 33) S. CHILING, H., JESSEN, W., u. MAURMANN, G.: Untersuchungen über die Ernährungsverhältnisse des Waldes. III. Wuchsleistung und Nährstoffaufnahme junger Holzpflanzen (Lärche, Kiefer, Fichte, Buche) in Abhängigkeit von Bodenreaktion und Düngung. Bodenkunde und Pflanzenernährung 5, 338-374, 1937.
- 34) WILDE, S. A. & WITTENKAMP, R.: The phosphate and potash starvation of forest seedlings as a result of the shallow application of organic matter. Jour. Forestry 37, 333-335, 1939.

Résumé

Tree species used in this study were as follows: *Larix kaempferi*, and *Thujopsis dolabrata*.

The seeds of these tree species were planted on May 2, 1950 in vessels of quartz sand.

Cultures were started in June 23, when the *Larix* seedlings, about 25 days old, were transplanted from the seed bed to nutrient solutions in 400 cc capacity glazed pots; five seedlings for each pot, and in June 25, when the *Thujopsis* seedlings, about 20 days old, were transplanted to nutrient solutions in 200 cc capacity hard glass pots; five tree seedlings for each pot.

The *Larix* seedlings received nutrient solutions containing nitrogen from $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, while the *Thujopsis* seedlings, from NH_4NO_3 . The chemical composition of these nutrient solutions was reported in table 1 and table 14.

The H-ion concentration of nutrient solutions minus phosphorus was corrected to 5.6, as was in the case of the other nutrient solutions.

These nutrient solutions were renewed at intervals of five days, and were aerated before and after the renewal.

In order to test the effect of applying the following elements, N, P, and K, to these tree species at the different stages of growth, and for various lengths of time, the methods employed was as follows:

- (1) Tree seedlings were started in complete nutrient solution, allowed to grow for various lengths of time, and then transferred to each of partially complete nutrient solutions.
- (2) Tree seedlings were started in each of partially complete nutrient solutions, allowed to grow for various lengths of time, and then transferred to complete nutrient solution.
- (3) Tree seedlings received each of partially complete nutrient solutions during the entire growing period except 20 days when they received complete nutrient solution at the different stages of growth.

The plan of experiments was reported in figure 1 and figure 12.

Results

On *Larix* species.

1. With the supply of nitrogen for 70 days after beginning of culture, tree seedlings made normal growth. With the deprivation of nitrogen for 45 days after germination, or for 20 days after beginning of culture, growth was steadily depressed in all respects. Tree seedlings made more height growth with the supply of nitrogen for 20 days from July 8 to 28 than with the supply of it for 20 days at the other stages of growth. Tree seedlings of each pot, supplied with nitrogen for 20 days after June 23, after July 8, and after July 23, made more weight growth than the others, supplied with it for 20 days at the other stages of growth.

2. With the supply of phosphorus for 40 days after beginning of culture, tree seedlings made normal growth. With the deprivation of phosphorus for 45 days after germination, the growth of root was not affected, but the growth of top was more or less depressed. Tree seedlings made more growth with the supply of phosphorus for 20 days from July 8 to 28 than with the supply of it for 20 days at the other stages of growth.

3. With the supply of potassium for 40 days after beginning of culture, tree seedlings made normal growth in top, but with the supply of it for 70 days, they made less growth in root than that of control. The deprivation of potassium for 45 days after germination was not affected to the growth. Tree seedlings made more growth with the supply of potassium for 20 days

from July 23 to Aug. 12 than with the supply of it for 20 days at the other stages of growth.

On *Thujaopsis* species.

1. With the supply of nitrogen for 40 days after beginning of culture, tree seedlings made normal growth. The deprivation of nitrogen for 40 days after germination, or for 20 days after beginning of culture was almost not affected to the growth. The date when tree seedlings could utilize nitrogen most effectively for their growth, seems to be about the last decade of July.

2. With the supply of phosphorus for 20 days after beginning of culture, tree seedlings made normal growth, and made more growth than with the supply of it for 20 days at the other stages of growth. The deprivation of phosphorus for 40 days after germination was not affected to the growth.

3. With the supply of potassium for 20 days after beginning of culture, tree seedlings made normal weight growth, but for normal height growth, tree seedlings have to receive the supply of potassium for 70 days. The deprivation of potassium for 40 days after germination was not affected to the growth. Tree seedlings made more weight growth with the supply of potassium for 20 days from June 25 to July 15 than with the supply of it for 20 days at the other stages of growth, and made more height growth with the supply of potassium for 20 days from Aug. 4 to 24 than with the supply of it for 20 days at the other stages of growth.

圖 版 説 明

カラマツ (圖版 I-IV) 1950年10月13日寫す。

- 圖版 I 要素缺如に由來する生育状態の差異
左より標準區, 無窒素區, 無磷酸區, 無加里區
- 圖版 II 窒素試験
- 圖版 III 磷酸試験
- 圖版 IV 加里試験

ヒバ (圖版 V-VIII) 1950年10月25日寫す。

- 圖版 V 要素缺如に由來する生育状態の差異
左より標準區, 無窒素區, 無磷酸區, 無加里區
- 圖版 VI 窒素試験
- 圖版 VII 磷酸試験
- 圖版 VIII 加里試験

Larix kaempferi (PLATE I to IV) was photographed Oct. 13, 1950.

PLATE I Experiment on the growth of tree seedlings as affected by the deprivation of each of the following elements, N, P, and K, during the entire growing period.
From left to right: C.: -N; -P₂O₅; -K₂O.

PLATE II Experiments on nitrogen.

PLATE III Experiments on phosphorus.

PLATE IV Experiments on potassium.

Thujaopsis dolabrata (PLATE V to VIII) was photographed Oct. 25, 1950.

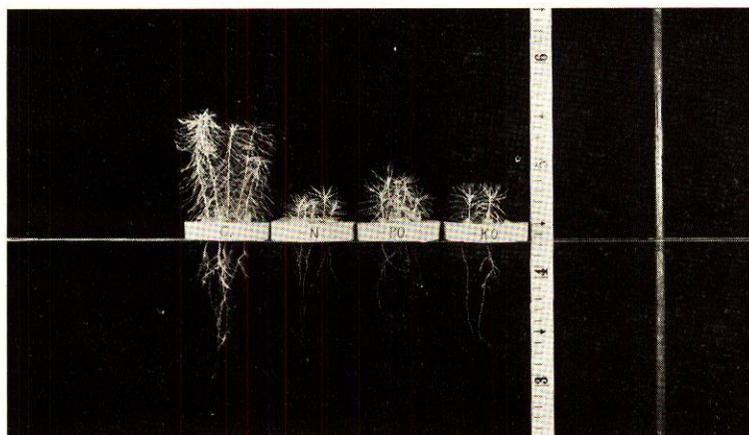
PLATE V Experiment on the growth of tree seedlings as affected by the deprivation of each of the following elements, N, P, and K, during the entire growing period.
From left to right: C.: -N; -P₂O₅; -K₂O.

PLATE VI Experiments on nitrogen.

PLATE VII Experiments on phosphorus.

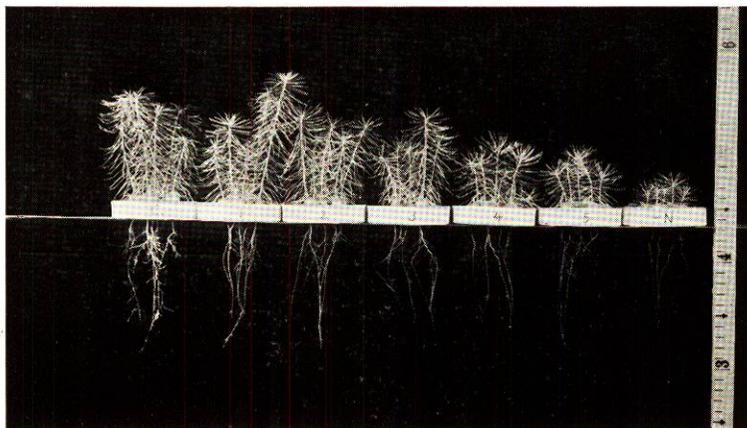
PLATE VIII Experiments on potassium.

圖版 I PLATE I

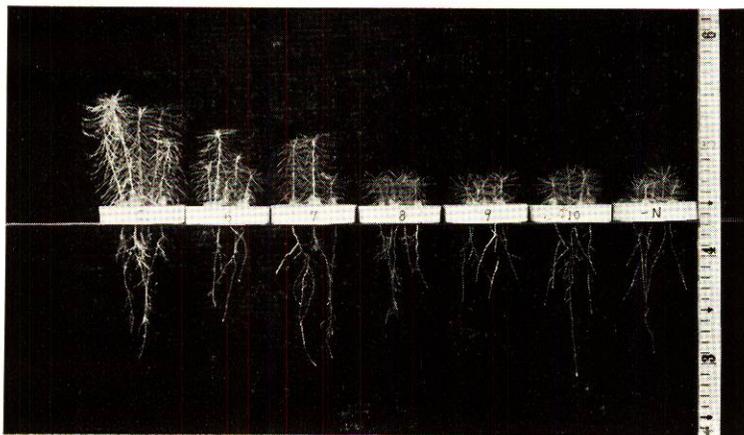


圖版 II PLATE II

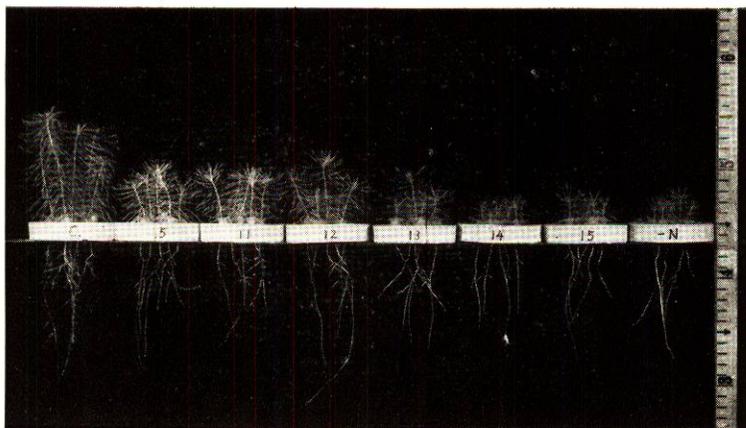
1



2

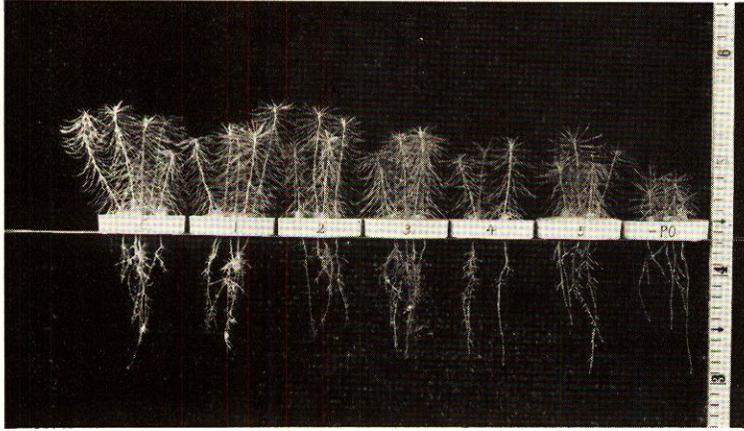


3

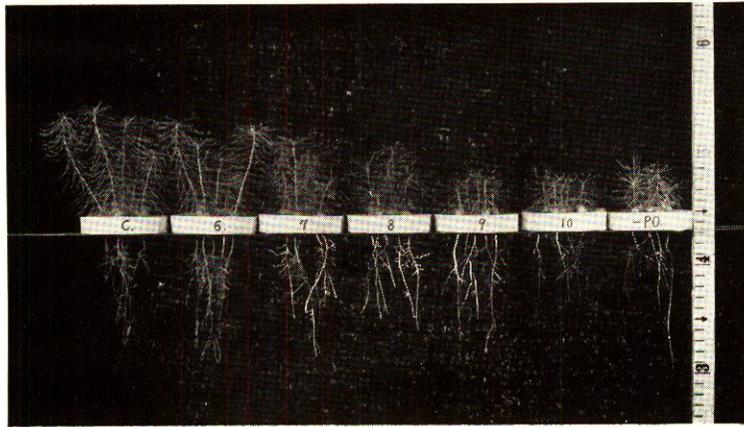


圖版 III PLATE III

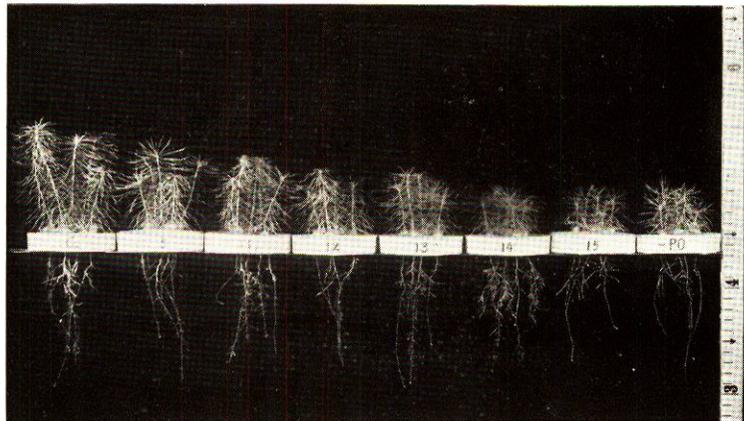
1



2

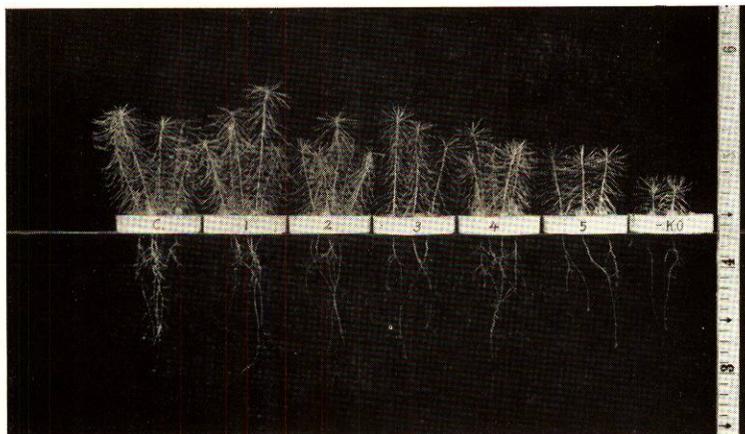


3

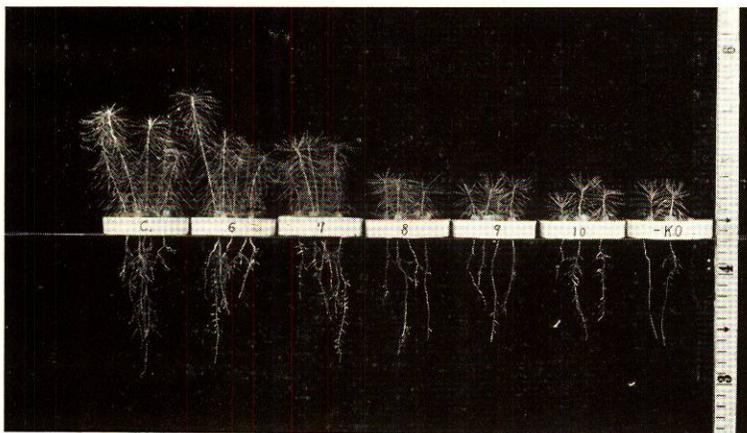


圖版 IV PLATE IV

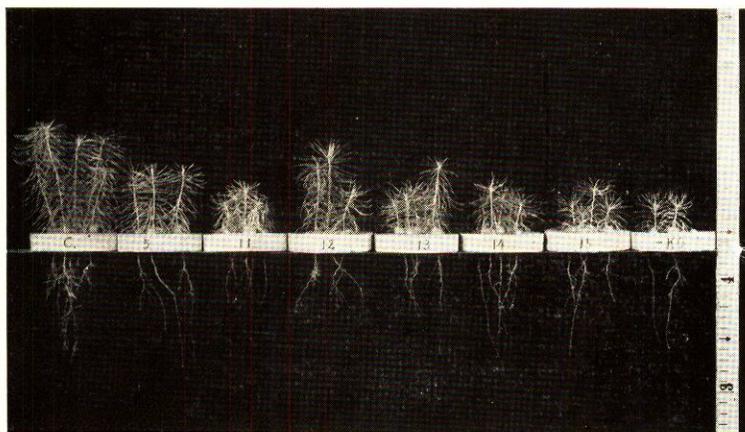
1



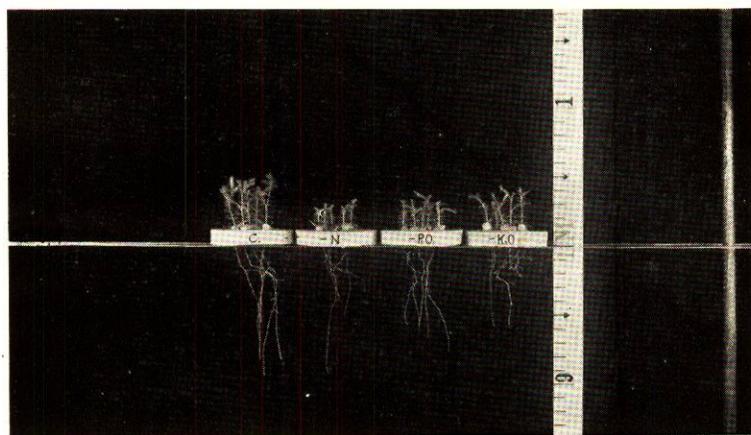
2



3

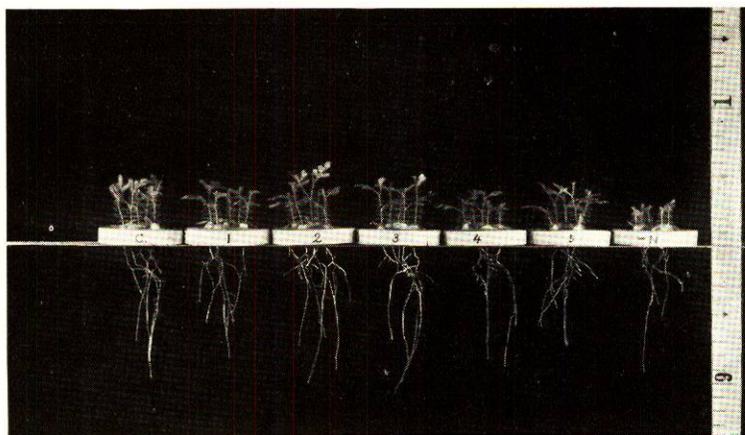


圖版 V PLATE V

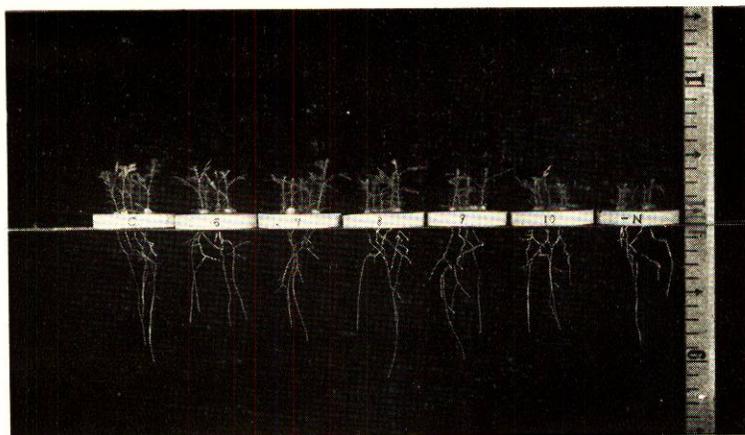


圖版 VI PLATE VI

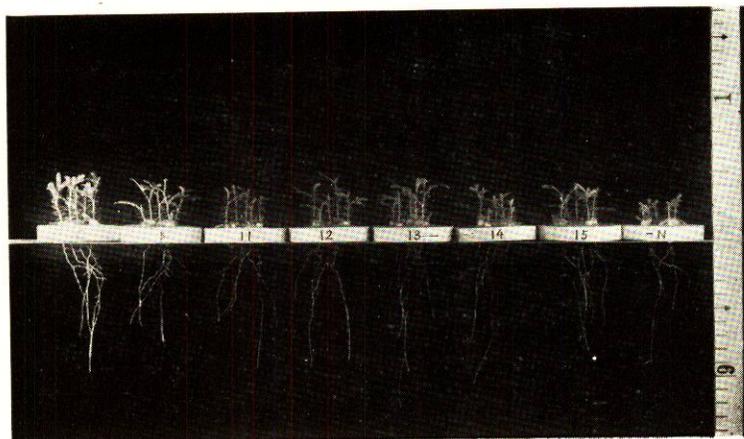
1



2

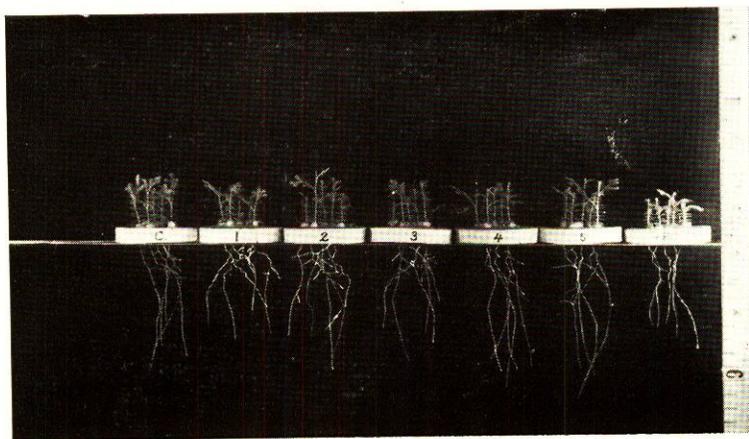


3

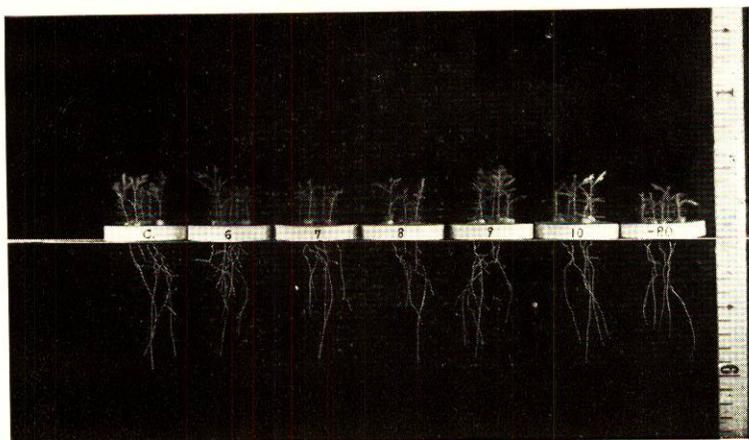


圖版 VII PLATE VII

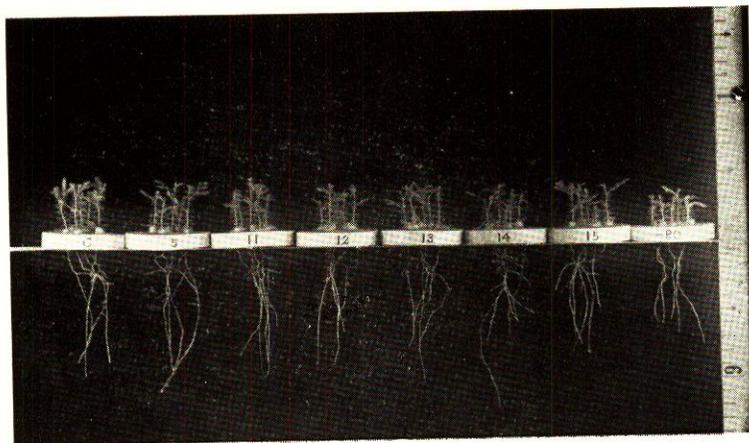
1



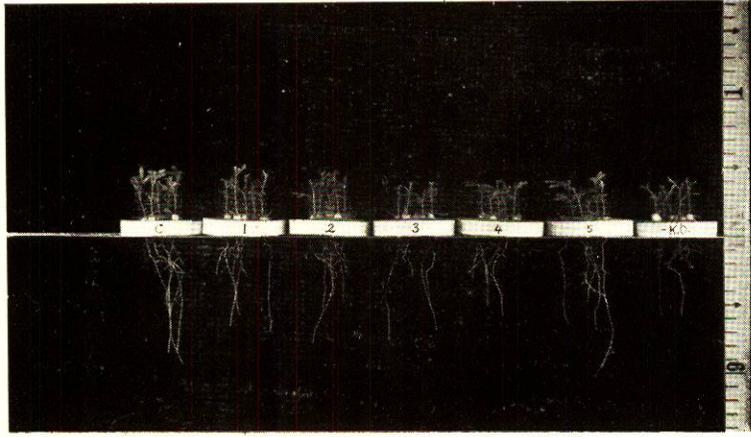
2



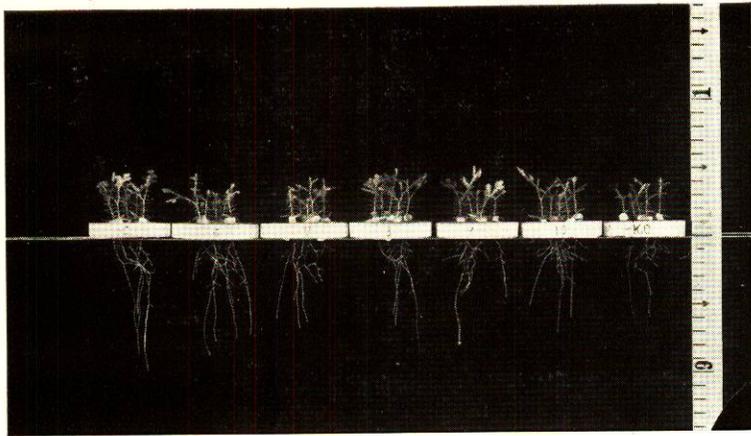
3



圖版 VIII PLATE VIII



2



3

