HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	タウヒ屬に關する榮養生理學的基礎研究(第1報)
Author(s)	佐藤, 義夫; 武藤, 憲由
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 16(2), 205-227
Issue Date	1953-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20696
Type	departmental bulletin paper
File Information	16(2)_P205-227.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

タウヒ屬に關する榮養生理學的基礎研究

(第 1 報)

敎授 林學博士 佐藤義夫
助手 武藤憲由

FUNDAMENTAL STUDIES ON THE NUTRITIONAL PHYSIOLOGY OF *Picea* LINK. (I)

By

YOSHIO SATO, *Professor, Ringakuhakushi,*
and KAZUYOSHI MUTO, *Assistant*

目　次

緒　言 …… 206
實驗 Ⅰ. クロエゾマツに就いて …… 206
　Ⅰ. 實驗方法及び材料 …… 206
　Ⅱ. 施肥方法 …… 208
　Ⅲ. 實驗結果 …… 210
　Ⅳ. 摘　要 …… 214
實驗 Ⅱ. アカエゾマツに就いて …… 214
　Ⅰ. 實驗方法及び材料 …… 214
　Ⅱ. 施肥方法 …… 214
　Ⅲ. 實驗結果 …… 214
　Ⅳ. 摘　要 …… 218
實驗 Ⅲ. 歐州タウヒに就いて …… 219
　Ⅰ. 實驗方法及び材料 …… 219
　Ⅱ. 施肥方法 …… 219
　Ⅲ. 實驗結果 …… 219
　Ⅳ. 摘　要 …… 222
實驗結果の考察 …… 223
總　括 …… 224
參考文献 …… 225
Résumé …… 226
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收されて，樹体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，たとえ吸收されたとしても，樹体構成上何等有効ならざる要素として樹体内に存在するに止まる事は，多くの實驗の結果明かである。この事實は榮養生理學上の一研究課題たるに止まらず，肥料の經濟の爲，合理的施肥法の確立を痛感する重要問題である。

上記諸問題の解明を目標として研究を進め，カラマツ及びヒバに就いては，既にその研究成績を發表したが，今度は北海道の主要樹種であるクロエゾマツ，アカエゾマツ，歐州タウヒに就いて，數年間の繼續研究を企てた。その第1年目の研究成績をここに報告する。

本研究では次の實驗方法を用いた。

1) 樹苗の正常な生育の爲に，窒素，燐酸，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樹苗の生育に支障なきか，

3) 樹苗が此等要素を最も有効に利用する時期は何時か，

以上の3項目に分け實驗を進めた。

本研究は當教室に於て行いつつある寒帶林の更新に關する研究の一部であつて，王子製紙株式會社奬學金に負う處尠なからず，又岡飯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る。

實驗 I.　クロエゾマツに就いて
Studies on *Picea jezoensis* CARR.

I.　實驗方法及び材料

1. 實驗に用いた種子は昭和26年度産クロエゾマツ（採集地，北海道大學農學部附屬天鹽第一演習林）である。

2. 鹽酸で處理し，充分水洗後，高溫で乾燥した石英砂を30×20×5 cmの硬質陶器バット4個に滿し，苗床を調整し，これにホルマリン70倍溶液に30分間浸漬し，殺菌を行つたクロエゾマツ種子各25 ccを充分水洗後，昭和27年5月3日に播種した。この容器を硝子室内に置き，黒色紙で覆い藻の侵入を防いだ。この黒色紙は種子の發芽と同時に取除いた。給水は自動灌水裝置に依り之を行い，各バット毎に第1表に示す4種の培養液の1/10濃度の液の一つを與えた。

3. 種子は5月11日初めて發芽し，發芽最盛期は5月17日であつた。

4. 樹苗の培養に使用した培養液は次の4種である。

第1表　培養液の組成
Table 1. The chemical composition of nutrient solutions

	標準培養液 Complete nutrient solution (mg)	可給要素を缺く培養液 Partially complete nutrient solution		
		無窒素培養液 Nutrient solution minus nitrogen (mg)	無燐酸培養液 Nutrient solution minus phosphorus (mg)	無加里培養液 Nutrient solution minus potassium (mg)
$(NH_4)_2SO_4$	80		80	67.9
$NH_4H_2PO_4$				21.1
KH_2PO_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

樹苗の培養に際しては，此等培養液に微量の鹽化マンガン，硼酸を添加した。無燐酸培養液は鹽酸で他の培養液と同様の pH 5.6 とした。

5. 5月25日から第1表に示す各培養液で砂中培養を行い，6月8日から11日の間に樹苗をボール蓋に植付け水中培養を開始した。植付方法は，ボール蓋に釘で約 4 mm の穴を開け，この穴に樹苗を挿入し，綿で幹を押える方法を用いた。

6. 樹苗は1ポット當り5本とした。ポットは内徑 5.7 cm，内容 350 cc の筒形硬質硝子容器である。

7. 培養液は1ポット 350 cc とし，5日目毎に更新した。培養液給與前に培養液 5 ℓ に就き 20 分間，培養液給與後2日目からは毎日各ポットに1分間づつ 50% 苛性カリ溶液

第2表　硝子室の温度
Table 2. Temperature in glassbouse

	温度 Temperature ℃ 最高 Maximum	最低 Minimum		温度 Temperature ℃ 最高 Maximum	最低 Minimum
6月 1～10日 June 1～10	25.8	11.7	8月21～31日 Aug. 21～31	28.0	18.3
6月11～20日 June 11～20	27.7	14.7	9月 1～10日 Sept. 1～10	26.9	17.9
6月21～30日 June 21～30	27.8	16.6	9月11～20日 Sept. 11～20	25.6	14.8
7月 1～10日 July 1～10	23.3	16.5	9月21～30日 Sept. 21～30	21.1	11.5
7月11～20日 July 11～20	28.3	19.3	10月 1～10日 Oct. 1～10	21.3	11.1
7月21～31日 July 21～31	31.0	20.5	10月11～20日 Oct. 11～20	20.4	9.1
8月 1～10日 Aug. 1～10	28.6	20.1	10月21～31日 Oct. 21～31	16.7	5.9
8月11～20日 Aug. 11～20	29.5	20.8	11月 1～11日 Nov. 1～11	15.2	4.7

を通し炭酸ガスを除去した空氣を送り，培養液中の酸素の不足を補つた。培養液中に送られる空氣の量は1分間約1ℓである。この通氣は送風機に依つて之を行つた。

8. 硝子室は5月10日葦簀で覆い，日射の量を加減し，10月1日之を取外した。實驗期間中の硝子室の溫度は第2表の如し。

II. 施 肥 方 法

本研究は第1圖に示す如き施肥方法の下に之を行つた。

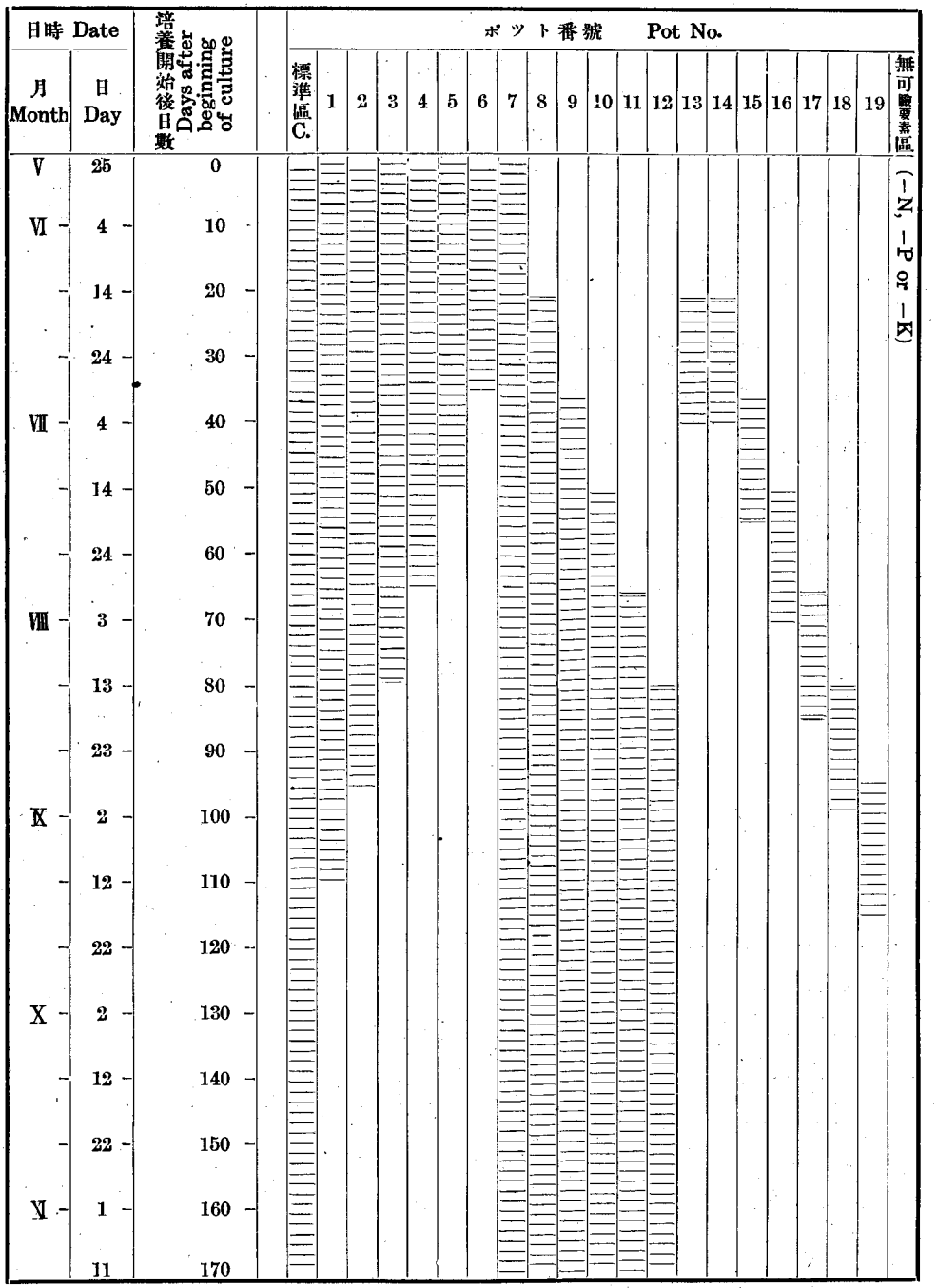
即ち各要素に關する試驗區ごとに番號1から19に至る19個のポットを用意し，要素の時期的給與は圖に示せる如く之を行い，170日に渉りクロエゾマツを培養して，クロエゾマツの生育に及ぼす各要素の影響を見たのである。圖中縞の部分は標準培養液に依る培養を意味し，然らざる部分は可驗要素を缺く培養液で培養した事を意味する。

而して，ポット番號1から6迄の6個のポットではクロエゾマツは如何なる時期迄標準培養液で培養する必要があるか，換言すれば，樹苗は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，ポット番號8から12迄の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，又ポット番號14から19迄の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した。

ポット番號1から6迄のポットは培養開始時5月25日から標準培養液を受け，ポット番號6の樹苗は35日目6月29日に標準培養液の給與を打切られ，可驗要素を缺く培養液の給與を受けた。以下ポット番號5，4，3の順に15日間づつ標準培養液給與打切りの時期が遲れ，ポット番號1の樹苗は110日間9月12日迄標準培養液の給與を受けた後，可驗要素を缺く培養液に移された。ポット番號8から12迄の5個のポットは初め可驗要素を缺く培養液，後標準培養液の給與を受けたもので，ポット番號8の樹苗は培養開始後20日目6月14日に初めて標準培養液の給與を受け，以下ポット番號9，10，11の順に15日間づつ標準培養液給與開始の時期が遲れ，ポット番號12の樹苗は培養開始後80日目8月13日に初めて標準培養液の給與を受けた。ポット番號14から19迄の6個のポットは培養期間中20日間だけ標準培養液，他の時期は可驗要素を缺く培養液の給與を受けたもので，ポット番號14の樹苗は培養開始後20日目6月14日に初めて標準培養液の給與を受け，以下ポット番號15，16，17の順に標準培養液給與の時期が15日間づつ遲れ，ポット番號19の樹苗は培養開始後95日目8月28日に初めて標準培養液の給與を受け20日間經過後即ち9月17日に再び可驗要素を缺く培養液に移された。

圖中ポット番號7及び13の樹苗は第2年目の研究の爲設けたもので，ポット番號7の樹苗は標準區の樹苗と，ポット番號13の樹苗はポット番號14の樹苗と全く同樣の取扱

第1圖 施肥方法 Fig. 1. Method of fertilization



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

を受けた。

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。又本年度のみ標準區と同樣の取扱を受けたポット番號7の樹苗，N7, P7, K7の3個のポット，計5個のポットを比較すれば次の如し。

第3表　比較試驗
Table 3. Growth of each pot received equal treatment

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 Fresh weight (mg)
標準區 1 Control 1	5	4.2	19.4	360
標準區 2 Control 2	5	4.1	20.3	381
平均 (標準區) Average(Control)	5	4.2	19.9	371
N7	5	3.8	17.6	358
P7	5	4.5	17.2	373
K7	5	4.4	17.4	351

第4表　試驗區比數
Table 4. Percentage of each pot on control basis

ポット番號 Pot No.	幹長 Height of stem (%)	根長 Length of root (%)	生重量 Fresh weight (%)
標準區 1 Control 1	100	97	97
標準區 2 Control 2	98	102	103
N7	90	88	96
P7	107	86	101
K7	105	87	95

第3表に於て，平均(標準區)とあるのは標準區1と標準區2との平均である。

此等各ポットの樹苗の生育狀態を比較するに，根長で多少の差を示すのみで，生重量に於ては僅か5%の差に止まる。この結果から種子中に含有せられる肥料要素に由來する樹苗生育上の差異はそれ程重要視する必要が無いと共に，本實驗結果が充分信賴するに足るものと考えられる。

窒素試驗，燐酸試驗，加里試驗の結果は第5表，第6表，第7表，第8表，第9表，第10表の如し。

窒素試驗に就いて觀察するに，N1は標準區と殆んど同樣の生育經過を示し，冬芽の形成も標準區同樣8月下旬に始まり，葉色も暗綠色を呈す。N2はN1同樣冬芽の形成開始の時期は標準區殆んど同じであるが葉色は綠色となる。N3に至り窒素不足の徵候を示し，葉色は黃綠色に變化し，N4, N5, N6の順に冬芽形成開始の時期が早められ，又N4, N5, N6は無窒素區と同樣根の尖端が太くなり，圓筒形の根を形成し，葉色は黃綠色を呈す。

N8は培養開始後20日間の窒素缺如の影響を殆んど受けず，その生育經過は標準區に類似する。N9は培養開始後35日間の窒素缺如に依り葉色は黃綠色を呈するに至るが，以

第5表　窒素試験
Table 5. Experiment on nitrogen

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 Fresh weight (mg)
標準區 Control	5	4.2	19.9	371
N 1	5	3.8	18.7	304
N 2	4	4.3	19.9	334
N 3	5	3.5	19.3	238
N 4	5	3.6	16.8	207
N 5	5	2.6	17.0	143
N 6	5	2.3	17.4	120
N 7	5	3.8	17.6	358
N 8	5	4.5	18.3	400
N 9	5	3.4	20.1	242
N10	4	2.5	20.0	181
N11	5	2.3	17.8	144
N12	5	1.8	17.3	119
N13	5	2.3	16.6	133
N14	5	2.3	14.8	121
N15	5	2.1	14.3	118
N16	5	2.3	12.8	142
N17	5	2.4	13.4	120
N18	5	1.8	14.9	84
N19	5	1.9	14.0	100
無窒素區 −N	5	1.8	12.4	81

第6表　窒素試験
Table 6. Experiment on nitrogen

ポット番號 Pot No.	幹長 Height of stem (%)	根長 Length of root (%)	生重量 Fresh weight (%)
標準區 Control	100	100	100
N 1	90	94	82
N 2	102	100	90
N 3	83	97	64
N 4	86	84	56
N 5	62	85	39
N 6	55	87	32
N 7	90	88	96
N 8	107	92	107
N 9	81	101	65
N10	60	101	49
N11	55	89	39
N12	43	87	32
N13	55	83	36
N14	55	74	33
N15	50	72	32
N16	55	64	38
N17	57	67	32
N18	43	75	23
N19	45	70	27
無窒素區 −N	43	70	22

第7表　燐酸試験
Table 7. Experiment on phosphorus

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 Fresh weight (mg)
標準區 Control	5	4.2	19.9	371
P 1	5	4.3	19.3	329
P 2	5	4.1	17.3	331
P 3	4	3.8	15.6	255
P 4	4	3.5	15.0	242
P 5	5	2.7	15.3	161
P 6	5	2.6	10.5	130
P 7	5	4.5	17.2	373
P 8	5	4.1	18.7	293
P 9	5	4.5	19.4	330
P10	5	3.0	19.2	221
P11	5	2.8	18.5	173
P12	5	2.2	14.1	110
P13	4	2.9	13.9	138
P14	5	3.1	14.8	145
P15	4	3.1	12.8	150
P16	5	3.2	18.5	201
P17	5	2.9	16.2	180
P18	5	2.1	13.8	125
P19	5	2.0	13.0	102
無燐酸區 −P	5	2.0	9.8	70

第8表　燐酸試験
Table 8. Experiment on phosphorus

ポット番號 Pot No.	幹長 Height of stem (%)	根長 Length of root (%)	生重量 Fresh weight (%)
標準區 Control	100	100	100
P 1	102	97	89
P 2	98	87	89
P 3	90	78	69
P 4	83	75	65
P 5	64	77	43
P 6	62	53	35
P 7	107	86	101
P 8	98	94	79
P 9	107	97	89
P10	71	96	60
P11	67	93	47
P12	52	71	30
P13	69	70	37
P14	74	74	39
P15	74	64	40
P16	76	93	54
P17	69	81	49
P18	50	69	34
P19	48	65	27
無燐酸區 −P	48	49	19

第9表　加里試驗
Table 9. Experiment on potassium

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 Fresh weight (mg)
標準區 Control	5	4.2	19.9	371
K 1	5	4.5	19.8	375
K 2	5	4.3	17.7	334
K 3	5	4.5	19.5	372
K 4	3	3.0	16.4	207
K 5	0			
K 6	2	2.6	18.5	143
K 7	5	4.4	17.4	351
K 8	5	4.8	16.6	367
K 9	5	3.8	17.0	270
K10	5	3.3	19.2	250
K11	5	3.1	18.6	216
K12	5	2.8	15.2	197
K13	1	2.7	16.9	195
K14	2	2.7	14.3	180
K15	4	3.0	12.4	159
K16	5	2.6	16.6	167
K17	4	2.7	13.8	159
K18	4	2.8	11.8	193
K19	4	2.4	12.7	137
無加里區 −K	1	2.0	8.7	64

第10表　加里試驗
Table 10. Experiment on potassium

ポット番號 Pot No.	幹長 Height of stem (%)	根長 Length of root (%)	生重量 Fresh weight (%)
標準區 Control	100	100	100
K 1	107	99	101
K 2	102	89	90
K 3	107	98	100
K 4	71	82	56
K 5			
K 6	62	93	39
K 7	105	87	95
K 8	114	83	99
K 9	90	85	73
K10	79	96	67
K11	74	93	58
K12	67	76	53
K13	64	85	53
K14	64	72	49
K15	71	62	43
K16	62	83	45
K17	64	69	43
K18	67	59	52
K19	57	64	37
無加里區 −K	48	44	17

Table 6, 8 and 10 show the percentage of each pot on control basis.

後標準培養液の給與を受け，葉は再び暗綠色に變化するが，その生育は標準區に比し可成り劣る。N11 は長期の窒素缺如により 5 本の樹苗中 2 本が既に冬芽の形成を開始して居たが，冬芽の形成をまぬかれた他の 3 本が標準培養液給與と同時に生長を開始し，可成りの生育を示す。根は冬芽形成の如何にかかわらず，標準培養液の給與後直ちに側根の發生，發達を見る。葉は 5 本の樹苗共暗綠色に變化する。N12 は標準培養液給與後，葉色が黃綠色から暗綠色に變化するのみで，地上部は何等その影響を受けず，ただ側根の發生，發達に依つてその影響を知るのみである。

N14, N15, N16, N17 は 20 日の標準培養液給與の影響を，地上部，地下部共に現し，葉色も黃綠色から暗綠色に變化するが，窒素給與打切りと共に漸次再び黃綠色を呈するに至る。N18, N19 は 20 日間の標準培養液の給與を受けるも，地上部は何等變化を示さず，ただ葉色のみ暗綠色に變化する。根は多少の生育を示す。

燐酸試驗に就いて觀察するに，P1, P2 はその生育經過標準區と類似する。P3 に至り燐酸不足の影響を現す。P4, P5, P6 と燐酸給與打切りの時期が早くなるに從い，生育も劣り，根は標準區の明褐色と異なり，無燐酸區と同樣暗褐色を呈す。

P8, P9 は培養開始後それぞれ 20 日間，35 日間燐酸の給與を受けなかつたのであるが，燐酸缺如の影響を殆んど受けず，生育經過は標準區に類似する。P8 の生重量 293 mg，標

準區の 79% という結果は，生重量に特に強く影響する側根の發達が惡かつた爲である。P10, P11 はその生育標準區に比し著しく劣るが，無燐酸區に比すれば，それぞれ約3倍，2.5倍の結果を示す。P12 は培養開始後長期間の燐酸缺如の爲，5本の樹苗はすべて冬芽を形成して居たが，8月13日燐酸の給與を受けて後，5本中1本の樹苗は冬芽を開き，新生葉を發生した。しかし何等上長生長を示さないうちに，再び冬芽を形成した。根は燐酸の給與に依り可成りの生育を示す。根は暗褐色を呈す。

P14, P15, P16, P17 は 20 日間の燐酸給與の影響を，地上部，地下部共明らかに示すが，P18 は燐酸給與前既に5本の樹苗共冬芽を形成し，燐酸給與後5本中1本の樹苗が冬芽を開いたのみで，何等上長生長を示さず，その影響は P19 と同様地下部の生育に於てのみ認められる。これら 20 日間だけ燐酸給與を受けた各ポットの樹苗の根はすべて暗褐色を呈す。

加里試驗に就いて觀察するに，培養開始後 80 日間 8 月 13 日迄加里給與を受けた K3 が既に標準區と同様の生長量を示す。K4 は加里給與早期打切りの影響を示し，その生育標準區に比し著しく劣る。K5 は菌害の爲全部枯死し．K6 もその生存本數は僅か2本である。

K8, K9 は培養開始後それぞれ 20 日間，35 日間加里を缺如するも，その生育經過は標準區に類似する。しかし K9 は側根の發達惡く，生重量では標準區に比し可成り劣る。K10, K11 は培養開始後それぞれ 50 日間，65 日間の加里缺如の爲，生長は停止狀態にあつたが，加里給與と同時に再び生長を開始した。K12 は培養開始後 80 日間の加里缺如の爲5本の樹苗中3本が既に冬芽を形成したが，加里給與後，3本中2本が冬芽を開き，可成りの上長生長を示し，冬芽の形成をまぬがれた他の2本は盛んに生長した。主根の伸長，側根の發生，發達も盛んである。

K14, K15, K16, K17 は全生育期間中僅か 20 日間の加里給與にかかわらず，その影響を地上部，地下部共に良く表わし，K18 は加里給與の時期が遲い爲，樹苗はすべて冬芽を形成して居たが，加里給與後4本中3本が冬芽を開き，內1本はその上長生長が僅少であつたが，他の2本は可成りの上長生長を示す。K19 は加里給與後4本中2本の樹苗が冬芽を開いたが，上長生長は殆んど認める事が出來なかつた。しかし根は加里給與に依り，可成りの生育を示す。

K5 に5本，K6 に3本，K13 に4本，K14 に3本の枯死樹苗を出したが，これは窒素試驗，燐酸試驗では見る事が出來ず，長期間の加里缺如は菌害に對する抵抗力を弱めるか，或は生理障害を引き起し，生命保全上不適當である事を知る。

又加里給與の影響を樹苗はその上長生長，根の伸長，側根の發生，發達等に直ちに發現し，窒素，燐酸の場合に比して著しく早い。一度形成された冬芽が開く事も，窒素では

見られず，燐酸では僅かであつたが，加里の場合は可成り見受けられ，又冬芽が開いた後の上長生長は加里の場合にのみ觀察する事が出來る。

IV. 摘　　要

1. 窒素及び燐酸では培養開始後95日間，8月28日迄の給與で幹長，生重量共完成する。加里ではこれより早く，培養開始後80日間，8月13日迄の給與で充分である。

2. 窒素及び加里では培養開始後20日間，6月14日迄の缺如，燐酸では培養開始後35日間，6月29日迄の缺如は幹長及び生重量に何等影響しない。

3. 窒素の最も有効な利用時期は7月14日から8月3日迄の20日間である。燐酸も窒素の場合と全く同様である。加里の最も有効な利用時期は樹苗の生育初期と後期との二つあり，それぞれ6月14日から7月4日迄の20日間と8月13日から9月2日迄の20日間である。

實驗 II.　アカエゾマツに就いて

Studies on *Picea Glehnii* MAST.

I. 實驗方法及び材料

1. 實驗に用いた種子は昭和26年度産アカエゾマツ（北海道大學農學部附屬雨龍演習林）である。

2. 種子は5月11日初めて發芽し，發芽最盛期は5月19日であつた。

3. 播種日，發芽裝置及び方法，培養液の組成，植付方法及び本數，水中培養用容器，水中培養方法等はすべてクロエゾマツの實驗方法及び材料の項に記述したものと同様である。

II. 施 肥 方 法

クロエゾマツの場合と同じ。

III. 實 驗 結 果

標準區1，標準區2，及び本年度のみ標準區と同樣の取扱を行つたポット番號7の樹苗N7，P7，K7の5個のポットを比較すれば，第11表，第12表の如し。

第11表に於て，平均（標準區）とあるのは標準區1と標準區2との平均である。

此等各ポットの樹苗の生育狀態を比較するに，K7は根に於て，P7は生重量に於て9%の差を示すのみで，他はすべて5%以內の差に止まる。この結果から種子中に含有せられる肥料要素に由來する樹苗生育上の差異はそれ程重要視する必要が無いと共に，本實驗結果が充分信賴するに足るものと考えられる。

第11表　比較試験

Table 11. Growth of each pot received equal treatment

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 Fresh weight (mg)
標準區 1 Control 1	5	5.4	24.7	587
標準區 2 Control 2	4	5.7	23.2	614
平均 (標準區) Average(Control)	4.5	5.6	24.0	601
N7	5	5.6	22.7	577
P7	5	5.9	23.9	547
K7	5	5.3	21.9	622

第12表　試驗區比數

Table 12. Percentage of each pot on control basis

ポット番號 Pot No.	幹長 Height of stem (%)	根長 Length of root (%)	生重量 Fresh weight (%)
標準區 1 Control 1	96	103	98
標準區 2 Control 2	102	97	102
N7	100	95	96
P7	105	100	91
K7	95	91	103

窒素試驗，燐酸試驗，加里試驗の結果は次の如し。

第13表　窒素試験

Table 13. Experiment on nitrogen

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 Fresh weight (mg)
標準區 Control	4.5	5.6	24.0	601
N 1	5	5.3	23.8	541
N 2	5	5.5	26.4	576
N 3	5	5.3	24.5	441
N 4	5	4.2	22.8	331
K 5	5	4.0	18.8	294
N 6	5	3.3	22.8	217
N 7	5	5.6	22.7	577
N 8	5	5.6	23.0	567
N 9	5	5.1	23.5	506
N10	5	4.7	23.8	422
N11	5	4.2	24.6	358
N12	5	3.2	26.8	267
N13	5	3.3	15.7	247
N14	5	3.5	23.1	255
N15	5	3.9	29.8	278
N16	5	3.7	23.4	267
N17	5	3.8	25.3	264
N18	5	3.0	14.6	231
N19	5	2.8	21.4	185
無窒素區 −N	5	2.7	20.6	184

第14表　窒素試験

Table 14. Experiment on nitrogen

ポット番號 Pot No.	幹長 Height of stem (%)	根長 Length of root (%)	生重量 Fresh weight (%)
標準區 Control	100	100	100
N 1	95	99	90
N 2	98	110	96
N 3	95	102	73
N 4	75	95	55
N 5	71	78	49
N 6	59	95	36
N 7	100	95	96
N 8	100	96	94
N 9	91	98	84
N10	84	99	70
N11	75	103	60
N12	57	112	44
N13	59	65	41
N14	63	96	42
N15	70	124	46
N16	66	98	44
N17	68	105	44
N18	54	61	38
N19	50	89	31
無窒素區 −N	48	86	31

第15表 燐酸試驗
Table 15. Experiment on phosphorus

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 Fresh weight (mg)
標準區 Control	4.5	5.6	24.0	601
P 1	5	6.0	21.5	579
P 2	5	5.6	23.5	505
P 3	5	5.2	24.4	455
P 4	5	5.2	20.1	436
P 5	5	4.3	23.3	309
P 6	5	3.6	18.5	240
P 7	5	5.9	23.9	547
P 8	4	6.1	21.7	558
P 9	5	5.4	22.7	454
P10	5	5.3	21.4	436
P11	5	4.3	19.2	351
P12	5	3.4	19.3	267
P13	5	3.9	21.7	254
P14	5	3.8	21.5	255
P15	5	4.1	21.4	255
P16	5	4.1	19.6	283
P17	5	3.7	22.0	255
P18	5	2.8	19.7	206
P19	5	2.9	19.8	179
無燐酸區 −P	5	2.5	15.4	123

第16表 燐酸試驗
Table 16. Experiment on phosphorus

ポット番號 Pot No.	幹長 Height of stem (%)	根長 Length of root (%)	生重量 Fresh weight (%)
標準區 Control	100	100	100
P 1	107	90	96
P 2	100	98	84
P 3	93	102	76
P 4	93	84	73
P 5	77	97	51
P 6	64	77	40
P 7	105	100	91
P 8	109	90	93
P 9	96	95	76
P10	95	89	73
P11	77	80	58
P12	61	80	44
P13	70	90	42
P14	68	90	42
P15	73	89	42
P16	73	82	47
P17	66	92	42
P18	50	82	34
P19	52	78	30
無燐酸區 −P	45	64	20

第17表 加里試驗
Table 17. Experiment on potassium

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 Fresh weight (mg)
標準區 Control	4.5	5.6	24.0	601
K 1	5	5.8	23.9	577
K 2	5	5.6	23.8	539
K 3	5	5.5	20.0	483
K 4	5	4.9	20.6	409
K 5	5	4.6	25.8	358
K 6	2	3.7	16.1	274
K 7	5	5.3	21.9	622
K 8	5	5.3	25.8	606
K 9	5	5.3	28.4	587
K10	5	4.4	22.0	447
K11	5	4.4	21.7	404
K12	5	4.0	17.5	347
K13	4	3.9	22.4	279
K14	3	3.5	21.4	284
K15	3	4.0	24.6	291
K16	3	3.7	22.9	280
K17	4	4.3	19.9	306
K18	5	4.0	18.6	269
K19	4	3.0	17.0	214
無加里區 −K	2	2.5	18.6	142

第18表 加里試驗
Table 18. Experiment on potassium

ポット番號 Pot No.	幹長 Height of stem (%)	根長 Length of root (%)	生重量 Fresh weight (%)
標準區 Control	100	100	100
K 1	104	100	96
K 2	100	99	90
K 3	93	83	80
K 4	88	86	68
K 5	82	108	60
K 6	66	67	46
K 7	95	91	103
K 8	95	108	101
K 9	95	118	98
K10	79	92	74
K11	79	90	67
K12	71	73	58
K13	70	93	46
K14	63	89	47
K15	71	103	48
K16	66	95	47
K17	77	83	51
K18	71	78	45
K19	54	71	36
無加里區 −K	45	78	24

Table 14, 16 and 18 show the percentage of each pot on control basis.

窒素試驗に就いて觀察するに，N1は標準區と全く同樣の生育經過を示し，冬芽の形成も8月下旬から9月上旬にかけて始まる。N2，N3，も標準區と同樣の生育經過を示すが，N3では冬芽形成開始の時期，標準區と大差なきにかかわらず，葉色は標準區に見られる濃綠色から綠色に褪色する。N4は窒素缺如の影響を明らかに示し，葉色は黃綠色と變り，冬芽形成の時期も標準區に比し，幾分早く，生育も明らかに劣る。培養開始後35日間だけしか窒素給與を受けないN6は生育著しく惡く，冬芽形成は8月中旬に始まり，葉色は勿論黃綠色を呈す。

N8はその生育經過標準區と類似するが，N9は培養開始後35日間の窒素缺如で，6月29日には標準區の生育に比し可成り劣り，同日より培養終了時迄窒素給與を受けたにかかわらず，標準區の生育狀態に達する事が出來ない。N10，N11の順に從い生育劣り，N12は培養開始後80日間の窒素缺如の爲，5本の樹苗はすべて冬芽を形成して居たが，窒素の給與を受けてから平均10日後5本中4本の樹苗が冬芽を開いたが，內2本は僅少の上長生長を示したに過ぎず，他の2本は何等上長生長を行わず，直ちに再び冬芽を形成した。根はしかしながら主根，側根共可成りの生育を示す。

N14，N15，N16，N17はそれぞれ異なる時期に20日間だけ窒素の給與を受けたが，地上部，地下部共明らかにその影響を示し，可成りの生育を行う。N17の葉色は綠色であるが，他の3個のポットは黃綠色を呈す。N18は窒素給與前既に冬芽を形成して居たが，窒素給與後は5本中4本の樹苗が冬芽を開き，內2本は僅少の上長生長を示すが，他の2本は直ちに再び冬芽を形成した。葉色は濃綠色を呈す。N19は生育經過無窒素區に全く類似するが，窒素給與後葉色は濃綠色に變化し，根も生長を開始するが，側根に限られ生長量も少ない。

N5の一部，N6及び全生育期間中僅か20日間だけしか窒素給與を受けなかつた各ポットの根は無窒素區同樣圓筒形を呈する。

燐酸試驗に就いて觀察するに，P1，P2は標準區と全く同樣の生育經過を示す。第15表及び第16表のP2の生重量505 mg，標準區の84%という結果は側根の發達不足の爲である。P4，P5，P6は燐酸缺如培養液で培養する期間が長期に渉つたため，根は暗褐色を呈する。

P8はその生育經過標準區と全く類似する。P9の地上部の生育は標準區と異ならないが，根，特に側根の發達は可成り惡い。P12は燐酸給與前，樹苗はすべて冬芽形成を終つて居たが，燐酸給與後5本の樹苗中4本は冬芽を開き，可成りの上長生長を示すが，他の2本は直ちに再び冬芽を形成した。

全生育期間中僅か20日間だけ燐酸給與を受けた樹苗中，7月14日から8月3日迄燐酸給與を受けたP16が幹長，生重量共最大の生育を示し，P18は燐酸給與を受けた後，3

本の樹苗は冬芽を開き，内2本は僅少の上長生長を示し，1本は直ちに再び冬芽を形成した。P19は燐酸給與後5本中2本の樹苗が冬芽を開いたが，何等上長生長を示さず，燐酸給與の影響は根に於てのみ認められる。

加里試驗に就いて觀察するに，培養開始後80日間8月13日迄加里給與を受けたK3の樹苗においてすら，その生育經過は標準區と異ならず，幹の上長生長，主根の發達，側根の發生狀態，ともに完全である。生重量に於て，標準區と可成りの差を示すのは，休眠過程が早く行われ，樹体内の含水率が減少したためと考えられる。

K8，K9の生育經過は標準區に類似し，K10に至り始めて生長量の減少を見る。K12は加里給與時期迄冬芽の形成を免れた1本の樹苗は勿論，他の4本も冬芽を開き可成りの生育を示す。根は加里給與に依り主根，側根共再び生長を開始する。

K18は加里給與後4本の樹苗中3本が冬芽を開き，冬芽形成をまぬかれた他の1本と共に再び生長を開始するが，上長生長は僅少である。しかし側根の發達，發生は著しい。K19は加里給與後5本中4本の樹苗が冬芽を開き，内1本が可成りの上長生長を示すのみで，他の3本は直ちに再び冬芽を形成した。K19は5本中1本が10月10日に菌害に依り枯死した。

アカエゾマツに於てもクロエゾマツ同様，長期間に渉る加里缺如は，樹苗枯死の危險を伴う。

又クロエゾマツ同様，　可驗要素給與に對する樹苗の反應は加里の場合最も早く現れ，燐酸これに次ぐ。

IV. 摘　　要

1. 窒素，燐酸，加里共培養開始後95日間，8月28日迄の給與で充分である。ただ燐酸の生重量のみ培養開始後95日間給與の樹苗標準區に比し多少劣るが，　生育經過の觀察から上述の様に結論して差支えない様に思われる。

2. 窒素及び燐酸では培養開始後20日間，6月14日迄，加里では35日間，6月29日迄の缺如は，幹長及び生重量に何等影響しない。

3. 樹苗は窒素，燐酸を6月14日から8月18日の間に，加里を9月2日冬芽形成時期迄，一様に吸收利用するが，强いて求めれば，窒素の最も有効な利用期間は6月29日から7月19日迄の20日間であり，燐酸では7月14日から8月3日迄の20日間，加里では7月29日から8月18日迄の20日間である。

實驗 III. 歐州タウヒに就いて

Studies on *Picea excelsa* LINK.

I. 實驗方法及び材料

1. 實驗に用いた種子は昭和26年度産歐州タウヒ(採集地美深)である。

2. 種子は5月12日初めて發芽し，發芽最盛期は5月22日であつた。

3. 石英砂を滿たし，苗床調整の爲に使用した容器は約30×20×5cmの瀨戸引き亞鉛バットで，播種量はバット當り40ccである。

4. 播種日，培養液の組成，植付方法及び本數，水中培養用容器，水中培養方法等はすべてクロエゾマツの實驗方法及び材料の項に記述したものと同樣である。

II. 施 肥 方 法

クロエゾマツの場合と同じ。

III. 實 驗 結 果

標準區1，標準區2，及び本年度のみ標準區と同樣の取扱を行つたポット番號7の樹苗N7，P7，K7の5個のポットを比較すれば次の如し。

第19表 比較試驗
Table 19. Growth of each pot received equal treatment

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 Fresh weight (mg)
標準區1 Control 2	5	6.5	20.3	527
標準區2 Control 2	5	6.5	22.2	580
平均(標準區) Average(Control)	5	6.5	21.3	554
N7	5	6.2	24.2	597
P7	5	6.4	22.8	573
K7	5	5.9	25.9	582

第20表 試驗區比數
Table 20. Percentage of each pot on control basis

ポット番號 Pot No.	幹長 Height of stem (%)	根長 Length of root (%)	生重量 Fresh weight (%)
標準區1 Control 1	100	95	95
標準區2 Control 2	100	104	105
N7	95	114	108
P7	98	107	103
K7	91	122	105

第19表に於て，平均(標準區)とあるのは標準區1と標準區2との平均である。

此等各ポットの樹苗の生育狀態を比較するに，各ポットは根長に於て多少の差を示すのみで，他はすべて10%以內の差に止まる。この結果から種子中に含有せられる肥料要素に由來する樹苗生育上の差異はそれ程重要視する必要がないと共に，本實驗結果が充分信賴するに足るものと考えられる。

窒素試驗，燐酸試驗，加里試驗の結果は次の如し。

第21表　窒素試験
Table 21. Experiment on nitrogen

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 Fresh weight (mg)
標準區 Control	5	6.5	21.3	554
N 1	5	6.7	24.2	585
N 2	5	5.9	26.3	547
N 3	5	6.0	23.5	498
N 4	5	4.8	25.0	414
N 5	5	4.5	27.1	359
N 6	5	4.3	23.1	318
N 7	5	6.2	24.2	597
N 8	5	4.9	19.3	443
N 9	5	5.7	24.3	551
N10	5	5.4	22.4	427
N11	5	3.9	18.3	297
N12	5	4.1	25.7	312
N13	5	4.5	30.6	353
N14	5	4.0	28.0	317
N15	5	4.4	24.2	354
N16	5	5.0	21.6	334
N17	5	4.2	20.5	304
N18	5	4.1	22.5	339
N19	5	3.8	21.9	253
無窒素區 −N	5	3.5	22.5	250

第22表　窒素試験
Table 22. Experiment on nitrogen

ポット番號 Pot No.	幹長 Height of stem (%)	根長 Length of root (%)	生重量 Fresh weight (%)
標準區 Control	100	100	100
N 1	103	114	106
N 2	91	123	99
N 3	92	110	90
N 4	74	117	75
N 5	69	127	65
N 6	66	108	57
N 7	95	114	108
N 8	75	91	80
N 9	88	114	99
N10	83	105	77
N11	60	86	54
N12	63	121	56
N13	69	144	64
N14	62	131	57
N15	68	114	64
N16	77	101	60
N17	65	96	55
N18	63	106	61
N19	58	103	46
無窒素區 −N	54	106	45

第23表　燐酸試験
Table 23. Experiment on phosphorus

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 Fresh weight (mg)
標準區 Control	5	6.5	21.3	554
P 1	5	6.3	21.1	546
P 2	5	6.3	21.9	544
P 3	5	6.2	26.1	565
P 4	5	4.8	23.4	434
P 5	5	5.5	22.5	463
P 6	5	5.0	26.1	416
P 7	5	6.4	22.8	573
P 8	5	7.5	23.8	640
P 9	5	6.3	21.9	556
P10	5	5.6	21.8	503
P11	5	5.2	25.7	439
P12	5	4.7	20.5	382
P13	5	5.1	27.7	447
P14	5	5.4	27.5	463
P15	5	5.5	27.1	473
P16	5	5.3	25.0	441
P17	5	5.0	20.0	381
P18	5	4.8	23.3	377
P19	5	4.7	22.7	376
無燐酸區 −P	5	4.6	25.7	324

第24表　燐酸試験
Table 24. Experiment on phosphorus

ポット番號 Pot No.	幹長 Height of stem (%)	根長 Length of root (%)	生重量 Fresh weight (%)
標準區 Control	100	100	100
P 1	97	99	99
P 2	97	103	98
P 3	95	123	102
P 4	74	110	78
P 5	85	106	84
P 6	77	123	75
P 7	98	107	103
P 8	115	112	116
P 9	97	103	100
P10	86	102	91
P11	80	121	79
P12	72	96	69
P13	78	130	81
P14	83	129	84
P15	85	127	85
P16	82	117	80
P17	77	94	69
P18	74	109	68
P19	72	107	68
無燐酸區 −P	71	121	58

第25表　加里試驗
Table 25. Experiment on potassium

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 Fresh weight (mg)
標準區 Control	5	6.5	21.3	554
K 1	5	6.2	20.7	501
K 2	5	6.0	24.1	544
K 3	5	6.6	22.5	560
K 4	5	5.2	24.1	411
K 5	5	5.4	25.1	418
K 6	5	4.7	21.0	341
K 7	5	5.9	25.9	582
K 8	5	6.6	21.3	631
K 9	5	5.5	18.8	441
K10	5	6.3	20.5	509
K11	4	4.5	21.3	302
K12	4	4.4	19.1	344
K13	4	5.2	20.6	361
K14	5	4.8	25.5	414
K15	5	5.5	20.6	471
K16	4	4.9	15.7	334
K17	5	4.3	19.4	287
K18	4	4.5	20.4	314
K19	5	4.3	17.0	283
無加里區 －K	2	4.3	18.0	236

第26表　加里試驗
Table 26. Experiment on potassium

ポット番號 Pot No.	幹長 Height of stem (%)	根長 Length of root (%)	生重量 Fresh weight (%)
標準區 Control	100	100	100
K 1	95	97	90
K 2	92	113	98
K 3	102	106	101
K 4	80	113	74
K 5	83	118	75
K 6	72	99	62
K 7	91	122	105
K 8	102	100	114
K 9	85	88	80
K10	97	96	92
K11	69	100	55
K12	68	90	62
K13	80	97	65
K14	74	120	75
K15	85	97	85
K16	75	74	60
K17	66	91	52
K18	69	96	57
K19	66	80	51
無加里區 －K	66	85	43

Table 22, 24 and 26 show the percentage of each pot on control basis.

窒素試驗に就いて觀察するに，N1，N2の冬芽形成開始の時期は標準區と同様8月中旬後期で，生育經過も標準區と類似する。N3は標準區に比し僅かに劣る。N4，N5，N6の順に幹長及び生重量減少し，N5，N6の根は多少圓筒形を示す。

N8は7月下旬に既に5本の樹苗共冬芽の形成を開始し，以後は幹の肥大生長，主根，及び側根の發生，發達に限られる。これは何等かの生理的障害の爲と考えられる。N9は標準區と殆んど異ならず，N10に至り幹長，生重量共標準區に比し劣る。N11，N12は幹の上長生長殆んど行わず，窒素を主として幹の肥大生長，側根の發達に利用する。

全生育期間中僅か20日間だけ異なる時期に窒素給與を受けた各ポットの生育狀態を觀察するに，幹長では7月14日から20日間窒素給與を受けたN16が5.0 cmで最大，生重量では6月29日から20日間窒素を受けたN15が354 mg標準區の64%で最大の生育を示す。N19は窒素給與を受けるも地上部は何等變化を示さず，ただ側根の發達が見られる程度である。しかし，葉色は黃綠色から暗綠色に變化する。

窒素缺如の明らかな徵候と考えられる葉の黃化はN3に於て既に認められ，N3，N4は綠色，N5，N6，N13，N14，N15，N16は黃綠色，N17は綠色で，他は標準區同様暗綠色を呈す。根の圓筒狀に變化する事も，N5，N6，N13，N14，N15，N16，N17，N18，N19の各ポットの樹苗に認める事が出來る。

燐酸試驗に就いて觀察するに，培養開始後80日間8月13日迄燐酸給與を受けたP3は幹長6.2cm，生重量565mgで標準區と同様の生育を示す。P4に至りその生育，標準區に比し可成り劣る。

培養開始後50日間7月14日迄燐酸を缺如したP10に於ても，幹長5.6cm，生重量503mg，標準區のそれぞれ86%，91%で，標準區と大差がない。P11に至りその生育は可成り劣り，P12は燐酸の給與を受けても，地上部は何等反應を示さず，その影響は幹の肥大生長，主根及び側根の發達，發生に發現される。

全生育期間中，僅か20日間だけ燐酸給與を受けた各ポットに就き觀察するに，6月29日から20日間燐酸給與を受けたP15は幹長，生重量共最大の生育を示し，幹長5.5cm，生重量473mg，それぞれ標準區の85%，85%である。P18，P19は燐酸給與を受けても，地上部は何等反應を示さず，P18は燐酸を根の生育，幹の肥大生長に利用するが，P19では側根の生育に限られる。

P5，P6及び全生育期間中僅か20日間だけしか燐酸給與を受けない各ポットの樹苗の根は標準區の明褐色と異なり，無燐酸區同様褐色を呈す。

加里試驗に就いて觀察するに，培養開始後80日間8月13日迄加里給與を受けたK3は，幹長6.6cm，生重量560mgで標準區と同様の生育を示す。K4に至りその生育，標準區に比し可成り劣る。

培養開始後50日間7月14日迄加里を缺如したK10に於ても，幹長6.3cm，生重量509mgで標準區と大差がない。K11，K12は加里給與の影響を地下部に於てのみ現す。

K14からK19迄の6個のポットに就いて觀察するに，6月29日から20日間加里給與を受けたK15は幹長，生重量共最大の生育を示し，幹長5.5cm，生重量471mg，標準區のそれぞれ85%，85%である。K17，K18，K19は加里給與を受けるも地上部は何等生育を行わず，根に於てのみその影響を知る。ただK18では多少肥大生長が認められる。

IV. 摘　　要

1. 窒素は培養開始後95日間8月28日迄の給與を必要とし，燐酸及び加里では80日間8月13日迄の給與で充分である。

2. 窒素，燐酸及び加里の培養開始後35日間6月29日迄の缺如は樹苗の生育に何等影響しない。燐酸及び加里では缺如期間が窒素の場合より多少遲れても差支えない様に思われる。

3. 窒素，燐酸及び加里の最も有効な利用時期は共に6月29日から7月19日迄の20日間である。ただ窒素試驗では幹長は7月14日から8月3日迄窒素給與を受けたものが最大の生育を示す。

實驗結果の考察

昭和26年度のアカエゾマツの水中培養に際し，種子の發芽，生育の爲に蒸溜水を使用したが，可成りの數の樹苗が冬芽を早く形成した。この結果に鑑み，これは蒸溜水中の金屬イオンの有害作用に起因するものではないかと考え，各種鹽類相互の拮抗作用に依る蒸溜水中の金屬イオンの有害作用の排除を想定し，本研究では濃度の低い培養液を種子の發芽，生育の爲に使用した。又微量要素の必要を考え，特に鹽化マンガン，硼酸を微量添加した。この結果，本研究に用いた各樹種共良い生育を示し，幹長に於てさえ，アカエゾマツでは土壤中に生育したものの約2倍，クロエゾマツ，歐州タウヒでは約1.5倍の生育を示した。

尙種子發芽後直ちに砂中培養を行う事に依り，種子發芽後から水中培養開始時迄の培養空白期間を取り除く事が出來，實驗結果適用の範圍及びその精密さを一層期待する事が出來たものと考える。

本研究に使用した各樹種の生長停止時期，即ち冬芽形成開始の時期は，クロエゾマツでは8月下旬に，アカエゾマツでは8月下旬から9月上旬にかけて始まり，兩樹種共土壤中に生育するものに比し，多少遲い。これは硝子室內の高い溫度の爲と考えられる。これに反し，歐州タウヒでは土壤中に生育するものより早く，8月中旬に入ると冬芽形成を開始した。この事實に關しては，尙研究の必要を感ずる。尙クロエゾマツはアカエゾマツ，歐州タウヒと異なり，その生育期間中に一度土用芽を形成する。この土用芽形成の時期は本研究に於ては6月下旬であつた。アカエゾマツでも少數の樹苗がこの時期に土用芽らしきものを形成したが，クロエゾマツ程明らかでなく，可驗要素缺如の培養液に培養された樹苗に多い事から，これは何等かの生理的理由に依るものと考える方が適當と思われる。

アカエゾマツに見られる著しい特徵は，要素缺如期間が長期に渉るため早く冬芽を形成した樹苗も，要素給與に依り冬芽を開き，再び生育を開始する事で，1年間に2度の生育經過を示す。これは外觀的にはクロエゾマツ及びトドマツ等に於ける所謂土用芽の形成と類似するが，ただし肥料要素の缺如給與に依り人爲的にその生育經過を變化せしめる事が可能な點に興味があり，今後一層の研究を必要としよう。この作用は加里の場合最も强く，燐酸之に次ぎ，窒素の場合最も弱い。クロエゾマツに於てもこの現象は加里及び燐酸の場合多少見受ける事が出來る。

窒素は各樹種共，種子發芽後新葉が僅か伸び始めた頃から冬芽形成時期迄必要なのに反し，燐酸，加里では樹種に依り生育初期或は生育後期のある期間は之を缺如するも生育に何等影響しない。クロエゾマツでは窒素，燐酸を土用芽が開いた直後，即ち7月14日から8月3日の間に最も良く利用するが，歐州タウヒではこれより早く，窒素，燐酸，加

里を6月29日から7月19日の間に最も良く利用し，アカエゾマツでは7月14日から8月18日迄は各肥料要素を一様に利用し，特に優れた利用時期を認める事が出來ない。尙この肥料要素の利用時期，要素缺如可能期間等は，本研究に用いた各樹種の水中培養試驗を繼續し，2年生の生育結果等を參照の上より一層明らかな考察を行いたいと考える。又各樹種共肥料要素の給與に依り，地上部の生育に何等影響が無い場合にも，根は直ちに生長を開始し，又歐州タウヒでは明らかに，幹の肥大生長をも認められる。

各要素缺如の徵候は各樹種共，窒素では葉色の黃綠化，圓筒形の根の形成に依つて示され，燐酸では根が暗褐色化する。これは石塚教授に依れば，培養液中の鐵が結合すべき燐酸根を缺く結果水解と酸化とを受けて水酸化鐵となり，根の周圍に沈積した爲であろうとして居る。又加里の缺如は樹苗枯死の危險をまねく。クロエゾマツは最も枯死本數多く，アカエゾマツ之に次ぎ，歐州タウヒは著しく少ない。

總　括

1. 樹苗の正常な生育上如何なる時期迄各要素の給與を必要とするやに關しては，窒素に於て3樹種共に同一傾向を有し，燐酸，加里に於て特異の關係を示す。即ち窒素はクロエゾマツ，アカエゾマツ，歐州タウヒの3樹種共に一致して生育開始時から冬芽形成時迄之を必要とする。即ち培養開始後95日間8月28日迄の給與を必要とし，燐酸に關してはクロエゾマツ，アカエゾマツ共に窒素の場合に等しく培養開始後95日間なるに對し，歐州タウヒに於てはやや短期間80日間を必要とする。又加里に關してはアカエゾマツに於て，窒素の場合と等しく培養開始後95日間を必要とするに對しクロエゾマツ，歐州タウヒに於て80日間之を必要とする。

2. 生育の如何なる時期迄各要素の缺如が生育上支障なきやに關しては，次の通りである。窒素はクロエゾマツ，アカエゾマツ共に培養開始後20日間の缺如，歐州タウヒでは35日間の缺如は生育に何等影響せず。燐酸はクロエゾマツでは35日間，アカエゾマツでは20日間，加里はクロエゾマツでは20日間，アカエゾマツでは35日間，歐州タウヒでは燐酸，加里共に35日間或は之より少し長い期間の缺如あるも生育に影響しない。

3. 各要素の最有効なる利用時期に關しては次の通りである。窒素はクロエゾマツに於ては土用芽を開いた直後7月14日から8月3日の中期前半の間に最も良く利用し，アカエゾマツに於ては6月14日から8月18日の間，即ち中期後半迄一様に有効に利用し，歐州タウヒにありては6月29日から7月19日，即ち前期後半の間に最も良く利用する。燐酸に關してはクロエゾマツに於ては窒素と同様土用芽を開いた直後7月14日から8月3日の中期前半に最も良く利用し，アカエゾマツにありては窒素に於けると同様6月14日から8月18日迄，即ち中期後半迄一様に良く利用する。又歐州タウヒに於ては窒素と同

様6月29日から7月19日迄の前期後半に最も良く利用する。更に加里はクロエゾマツに於ては生育の初期と後期とに最も良く之を利用する。又アカエゾマツに於ては窒素，燐酸の場合より多少遅く迄，即ち6月14日から9月2日冬芽形成時期迄一様に良く利用する。又歐州タウヒでは窒素，燐酸と等しく6月29日から7月19日の前期後半に最も良く利用する。

4. クロエゾマツはその生育期間中に土用芽を形成するが，アカエゾマツ，歐州タウヒでは認められない。

以上により各樹種別に要約すれば，

5. クロエゾマツは窒素，燐酸を生長開始より冬芽形成に至る迄要し，加里を80日間の給與で足れりとする。而して燐酸を培養開始より35日間，窒素及び加里では同20日間缺如するも生長上大差なく，又各要素給與の最有効期間は窒素，燐酸を中期，加里を生育の前期及び後期とする。

6. アカエゾマツは窒素，燐酸，加里を共に前同様培養開始より95日間要するもので，加里を培養開始後35日間，窒素，燐酸を同20日間缺如するも生長上大差なし。而して各要素給與の最有効期間は，強いて求めれば窒素を前期，燐酸，加里の2要素を中期とする。

7. 歐州タウヒは窒素を前記95日間要し，燐酸，加里を80日間の給與にて滿足し，且つ以上3要素を培養當初より35日間缺如するも生長上支障なし。又前記3要素共に早期給與を最有利とする。

參考文献

1) 佐藤義夫・武藤憲由：カラマツ及びヒバに關する榮養生理學的基礎研究．北大演習林報告，第15卷，第1號，1～62，1951.

Sato & Muto: Fundamental studies on the nutritional physiology of *Larix kaempferi* and *Thujopsis dolabrata*. Research Bulletins of the College Exp. Forests, Hokkaido University. Vol. 15, No. 1, 1-62, 1951.

2) 佐藤義夫・武藤憲由：樹苗の耐寒性に影響する種々の因子に就いて．(第II報) 加里の影響．北大演習林報告，第15卷，第1號，81～96，1951.

Sato & Muto: Factors affecting cold resistance of tree seedlings. (II) On the effect of potassium salts. Research Bulletins of the College Exp. Forests, Hokkaido University. Vol. 15, No. 1. 81-96, 1951.

Résumé

Tree species used in this study were as follows: *Picea jezoensis* CARR., *P.Glehnii* MAST and *P. excelsa* LINK.

The seeds of these tree species were planted on May 3, 1952 in vessels filled with quartz sand.

Sand cultures were started on May 25, when *P. jezoensis* seedlings were about 8 days old, *P. Glehnii* seedlings, about 6 days old and *P. excelsa* seedlings, about 3 days old. Then water cultures were started on June 11, when these tree species seedlings were transplanted from the seed bed of quartz sand to nutrient solutions in 350 cc capacity hard glass pots; five tree seedlings were placed in each pot.

These seedlings received nutrient solutions containing nitrogen from $(NH_4)_2SO_4$. The chemical composition of these nutrient solutions was reported in Table 1. Small amounts of $MnCl_2$ and H_3BO_3 were added to these nutrient solutions.

The H-ion concentration of nutrient solution 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 different stages of growth and for various lengths of time, the methods employed were 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 the partially complete nutrient solutions.

(2) Tree seedlings were started in each of the 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 the 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 method of fertilization was shown in Figure 1.

Results

On *P. jezoensis* CARR.

1. With the supply of nitrogen for 95 days, phosphorus for 95 days and potassium for 80 days after beginning of culture, tree seedlings made normal growth.

2. The deprivation of nitrogen for 20 days, phosphorus for 35 days and potassium for 20 days after beginning of culture did not affect the growth.

3. Tree seedlings, supplied with nitrogen for 20 days after July 14, made more growth than the others, supplied with it at other stages of growth. The most effective period for utilization of phosphorus was for 20 days after July 14. In the case of potassium, for 20 days after June 14 and after August 13.

On *P. Glehnii* MAST.

1. With the supply of nitrogen, phosphorus and potassium for 95 days after beginning of culture, tree seedlings made normal growth.

2. The deprivation of nitrogen for 20 days, phosphorus for 20 days and potassium for 35 days after beginning of culture had no effect upon the growth.

3. Tree seedlings utilized almost similarly nitrogen and phosphorus from June 14 to August 18 and potassium from June 14 to September 2.

On *P. excelsa* LINK.

1. With the supply of nitrogen for 95 days, phosphorus and potassium for 80 days after beginning of culture, tree seedlings made normal growth.

2. The deprivation of nitrogen for 35 days, phosphorus and potassium for 35 days or a longer period after beginning of culture exerted no effect upon the growth.

3. The most effective period for utilization of these elements was for all of them for 20 days after July 19.

圖版 I　　Plate I

クロエゾマツ、アカエゾマツ、歐洲タウヒの各異施肥方法による各ポットの生育狀態

1. 前列左から5列、後列左から6列迄2集團62ポットはアカエゾマツ
2. 前列左6列目から16列目迄前方集團62ポットはクロエゾマツ
3. 後列左7列目から17列目迄後方集團62ポットは歐洲タウヒ