



Title	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
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), 81-96
Issue Date	1951-09
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/20681">https://hdl.handle.net/2115/20681</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	15(1)_P81-96.pdf



# 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

佐藤 義夫

武藤 憲由

Factors affecting Cold Resistance of Tree Seedlings. (II)

On the Effect of Potassium Salts

by

Yoshio SATO

Kazuyoshi MUTO

## 目次

緒言 .....	81	摘要 .....	94
実験方法及び材料 .....	82	参考文献 .....	94
実験結果 .....	86	Résumé .....	96
考察 .....	93		

## 緒言

加里肥料の耐寒性に及ぼす影響に關する實驗結果は多く、WILHELM<sup>22)</sup>に依れば砂中培養法に依り培養した農作物に低温處理を行なつた結果、培養液に含有される加里の量が多い場合植物の生存本數が多くなり、窒素、磷酸は反對に少い場合生存本數が多い結果を得た。DUNN<sup>23)</sup>はキャベツを水中培養法に依り育成し、低温處理を行なつたのであるが見るべき結果は得られなかつた。KOPITKE<sup>11)</sup>は針葉樹の樹苗で實驗し、加里給與の量の多い程滲透壓及び糖類の含有量の多い事を知つた。

本研究に於ては、水中培養法に依り、加里給與量の多少、及び加里給與時期の如何に依り樹苗の耐寒性が如何に變化するかを調査し、合せて、樹苗の滲透壓も測定し、生理機構の一部も窺い知ろうと努めた。

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基礎的研究の一部で、王子製紙株式會社奨學金に負う處尠からず、又低温室使用に多大の便宜を與えられたる前低温科學研究所所長青木教授並びに福富教授、實驗遂行上多大の勞を執られたる沖野丈夫氏、種子を御寄贈下された秋田營林局、高知營林署當局に對し、深い謝意を表する。

### 實驗方法及び材料

1. 實驗には比較的耐寒性の強いと言われる寒地産樹種と、耐寒性の弱い暖地産樹種とを用いた。即ちエゾマツ *Picea jezoensis* CARR. 苫小牧産、トドマツ *Abies sachalinensis* FR. SCHM. 定山溪産、歐州トウヒ *Picea excelsa* LINK. 上川産、スギ *Cryptomeria japonica* D. DON. 秋田産、ヒノキ *Chamaecyparis obtusa* SIEB. et ZUCC. 高知産、アカマツ *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. 秋田産、クロマツ *Pinus Thunbergii* PARI. 秋田産、クス *Cinnomum Camphora* SIEB. 高知産の8種である。

2. エゾマツ、トドマツでは培養器は内徑9cm、内容1lの圓筒形硬質陶器容器を使用し、他の6種類の樹種では、内徑16cm、内容3.5lのWAGNER氏ポットを使用した。しかして樹種當り培養器20筒を用意した。

3. 種子は70倍ホルマリン溶液に約30分間浸漬し、殺菌を行い、充分水洗後、これを特別に調製した篩状容器に石英砂を1cmの厚さに敷いた苗床の上に播種した。但しクスのみは石英砂の變りに川砂を使用し、その厚さも3cmとした。この篩状容器を水道水を滿した各容器中に懸垂し、種子を發芽、生育せしめた。篩状容器は高さ3cmの金屬性圓筒管の底に、クスでは3mm目の金網、他の7種類の樹種では1.5mm目の金網をハンダ付したもので、エゾマツ、トドマツでは篩状容器の外徑は8.5cmで、他の6種類の樹種では15cmである。この篩状容器は充分水洗後、電熱器上の湯に浸し12時間經過後、再び充分に水洗を行い、後これを乾燥し、溶解せしめたパラフィン中に浸し、金屬面が完全にパラフィンで覆われた物を使用した。その際金網の目がパラフィンで閉鎖する事無き様注意した。

4. 各樹種の種子の1容器當りの播種量、播種日、發芽日、培養液に依る培養開始日、1容器當りの樹苗本數は第1表の如し。

樹苗がポール蓋植付可能な生育状態に達した時、直ちに植付を行つた。ポール蓋植付日はトドマツでは7月4日、歐州タウヒでは6月30日、アカマツでは6月15日、クロマツでは6月17日で、培養液に依る培養が開始される以前にポール蓋植付が完了して居た。次の樹種は培養液に依る培養開始後も篩状容器を使用して居たもので、ポール蓋植付日はエゾマツでは7月19日、スギでは7月20日、ヒノキでは7月15日、クスでは7月27日である。

第 1 表 Table 1

樹 種 Tree species	播種量 Volume of seeds plant- ed, per pot (cc)	播種日 Date of planting		発芽日 Date of germination		培養開始日 Date of begin- ning of culture		ポット當り 樹苗本數 No. of tree seedlings per pot (本)
		月 Month	日 Day	月 Month	日 Day	月 Month	日 Day	
エゾマツ <i>P. jezoensis</i>	2	V	4	V	18	VI	24	20
トドマツ <i>A. sachalinensis</i>	10	V	4	V	19	VII	4	10
欧州トウヒ <i>P. excelsa</i>	2	V	4	V	18	VII	2	20
スギ <i>C. japonica</i>	2.5	V	3	V	18	VI	20	15
ヒノキ <i>C. obtusa</i>	5	V	5	V	20	VI	20	15
アカマツ <i>P. densiflora</i>	2	V	5	V	18	VI	21	14
クロマツ <i>P. Thunbergii</i>	2	V	5	V	19	VI	21	15
クス <i>C. Camphora</i>	20	V	6	VI	4	VII	8	15

ボール蓋植付方法は次の如し。即ち各ポットが完全に覆はれる様な適当な大きさのボール蓋に穴を開け、その穴に樹苗を挿入し、樹苗の幹を綿で軽く押える方法を用いた。

5. 培養液は第2表、第3表に示される如し。硝酸アンモニアを窒素源とする培養液と、硫酸アンモニアを窒素源とする培養液との2通りの培養液を作成した。

第 2 表 Table 2

	標準培養液 Control solution (mg)	無加里 培養液 Solution minus potassium (mg)	加里4倍 培養液 Solution with fourfold amount of potassium (mg)
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	50	35.3	50
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		15.1	
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		21.1	
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	25		25
KCl	12		89.2
MgSO <sub>4</sub>	25	25	25
CaCl <sub>2</sub>	50	39.8	50
FeCl <sub>3</sub>	2	2	2
井戸水 Well water	1l	1l	1l

第 3 表 Table 3

	標準培養液 Control solution (mg)	無加里 培養液 Solution minus potassium (mg)	加里4倍 培養液 Solution with fourfold amount of potassium (mg)
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	80	69.7	80
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		21.1	
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	25		25
KCl	12		89.2
MgCl <sub>2</sub>	20	11.2	20
MgSO <sub>4</sub>		11.0	
CaCl <sub>2</sub>	50	50	50
FeCl <sub>3</sub>	2	2	2
井戸水 Well water	1l	1l	1l

芝本及び氏の共同実験者がスギ、ヒノキに使用して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にはスギ、ヒノキを培養し、アカマツ、クロマツ、クスはこれに倣い、我々の一人がエゾマツ、アカエゾマツ、トドマツ等に使用して最良の結果を得た硫酸アンモニアを

窒素源とする培養液にはエゾマツ、トドマツを培養し、歐州タウヒはこれに倣つた。

第2表及び第3表に示される無加里培養液及び加里4倍培養液は加里のみ缺如し、及び加里の量のみ4倍であり、他の5要素、窒素、磷酸、石灰、苦土、硫黄は標準培養液に含まれて居る量と同じ量だけ含まれる。この3種類の培養液を種々の割合で混合する事に依つて、加里 $\frac{1}{4}$ 倍培養液、加里 $\frac{1}{2}$ 倍培養液、加里2倍培養液を作成した。加里 $\frac{1}{4}$ 倍培養液は無加里培養液3に對し標準培養液1の割合に混合する事に依つて作成し、加里 $\frac{1}{2}$ 倍培養液は無加里培養液1に對し標準培養液1の割合、加里2倍培養液は標準培養液2に對し、加里4倍培養液1の割合に混合する事に依つて作成した。各培養液には微量の鹽酸を加えpH 5.5とした。しかして培養液は5日毎に1度更新した。

6. エゾマツ、スギ、ヒノキ、アカマツ、クスでは生育の異なる時期に20日間だけ加里2倍培養液で培養し、それ以外は無加里培養液で培養して、如何なる時期に給與した加里が最も

第1圖 Fig. 1

樹種 tree species						ポット番號 Pot No.				
スギ <i>C. japonica</i> ヒノキ <i>C. obtusa</i>		アカマツ <i>P. densiflora</i>		エゾマツ <i>P. jezoensis</i>		6	7	8	9	10
月 Month	日 Day	月 Month	日 Day	月 Month	日 Day					
VI	20	VI	21	VI	24					
	30	VII	1	VII	4					
VII	10		11		14					
	20		21		24					
	30		31	VIII	3					
VIII	9	VIII	10		13					
	19		20		23					
	29		30	K	2					
X	8	K	9		12					

第2圖 Fig. 2

樹種 Tree species		ポット番號 Pot No.				
クス <i>C. Camphora</i>		6	7	8	9	10
月 Month	日 Day					
VII	8					
	18					
	28					
VIII	7					
	17					
	27					
K	6					
	16					

Hatching part shows that tree seedlings received each of solutions with twofold amount of potassium.

The other part, each of solutions minus potassium.

有効に耐寒性を向上せしむるかを知らうとした。加里給與時期を圖で示せば第1圖及び第2圖の如し。

第1圖及び第2圖に於ける横線部は加里2倍培養液で樹苗を培養した事を意味し、然らざる部分は無加里培養液で培養せし事を意味する。

エゾマツ、スギ、ヒノキ、アカマツ、クスはこの他標準培養液(ポット番號1)、加里 $\frac{1}{4}$ 倍培養液(ポット番號2)、加里 $\frac{1}{2}$ 倍培養液(ポット番號3)、加里2倍培養液(ポット番號4)、加里4倍培養液(ポット番號5)で培養したものを加え、計10種類のポットが用いられた事になる。今後このポット番號を各異の培養液(ポット番號1よりポット番號5に至る5種類のポット)及び各異の培養法(ポット番號6よりポット番號10に至る5種類のポット)を標示するものとして取扱う事とする。

しかして各異の培養液及び各異の培養法ごとに、ポット2箇を使用した、故にポット數は各樹種當り20個である。

トドマツは發芽率悪き爲、歐州トウヒ、クロマツは鼠害に依り實驗本數が不足したので、1號より5號に至る5種類の培養液で培養を行なつただけである。各號ごとに、播種、發芽に用いたポット2箇の樹苗を1箇のボール蓋に植付けたもので、實驗に用いたポット數は各樹種當り10箇である。

7. 實驗は硝子室で行い、硝子室の屋根は葦簾で覆い、直射日光の量を加減した。實驗期間中の硝子室の最高、最低溫度は第4表の如し。

第4表 Table 4

	溫度 °C Temperature °C			溫度 °C 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	15.2	8月11日 ~ 20日 Aug. 11 to 20	32.4	23.2
7月1日 ~ 10日 July 1 to 10	25.6	18.1	8月21日 ~ 31日 Aug. 21 to 31	28.5	19.1
7月11日 ~ 20日 July 11 to 21	27.0	20.2	9月1日 ~ 10日 Sept. 1 to 10	27.6	17.8
7月21日 ~ 31日 July 21 to 31	34.1	23.4	9月11日 ~ 20日 Sept. 11 to 20	23.7	16.4
8月1日 ~ 10日 Aug. 1 to 10	33.6	23.7	9月21日 ~ 30日 Sept. 21 to 30	20.3	12.1

8. これら培養せし樹苗は9月中のそれぞれの日に本學所屬低溫科學研究所第4低溫室の豫備室に入れ、枯死状態を觀察した。

トドマツ、歐州トウヒ、クロマツは最初低溫科學研究所の低溫貯藏室(-2°C)に入室せし

めたが樹苗の枯死を見なかつたので、他樹種と同様に、温度の低い上記の低温豫備室で実験を繰返したものである。この第4低温室の豫備室の温度は日に依つて多少の差異が認められる。それは実験結果の項に記載する。低温処理実験中は常に低温豫備室内に居つて枯死状態を観察し、適当と考えられる時に樹苗を低温室より出した。この低温処理時間も実験結果の項に記載する。

これらの樹種を低温室に入室せしめた前日、或は2日前に各異の培養液及び各異の培養法で培養した樹苗の滲透壓を原形質分離法に依つて測定した。分離剤には蔗糖を用い、針葉樹では葉の皮層の細胞、潤葉樹では中肋細胞でこれを測定した。

9. 低温室入室前に各樹種の樹苗をボール蓋より抜取り、これを石英砂を満した30cm×20cm×5cmの硬質陶器バットに移植し、低温処理を行なつた。エゾマツ、トドマツ、トウヒ、ヒノキ、クロマツでは用いたバットは各々1箇づつである。スギ、アカマツ、クスでは各々バット2箇づつを使用し、2箇同時に低温処理を行つた。

## 実験結果

### 1. エゾマツに就いて

第5表 エゾマツ Table 5 *Picea jezoensis*

ポット 番 號 Pot No.	滲透 壓 蔗糖濃度 Osmotic pressure sucrose mol	低温處理 1 Exposure to -8°C for 30 min.			低温處理 2 Exposure to -8°C for 20 min.		
		供試本數 No. of tree seedlings chilled	生存本數 No. of survival	生存率% Percentage of survival	供試本數 No. of tree seedlings chilled	生存本數 No. of survival	生存率% Percentage of survival
1	0.14	11	3	27	11	10	91
2	0.12	14	4	29	14	11	79
3	0.14	15	3	20	14	12	86
4	0.16	15	5	33	15	15	100
5	0.16	16	11	69	17	12	71
6	0.12	16	6	38	16	10	63
7	0.14	13	10	77	13	10	77
8	0.14	20	17	85	20	15	75
9	0.16	15	9	60	14	13	93
10	0.12	15	7	47	15	10	67

低温處理1は9月18日午後3時より30分間低温室に入室せしめ得た結果である。低温室の温度は-8°Cである。その結果は加里 $\frac{1}{2}$ 倍培養液で培養した3號が生存率20%を示し、最も耐寒性弱く、標準培養液で培養した1號これに次ぎ、加里4倍培養液で培養した5號は69%の生存率を示し、培養液を異にする5箇のポット中で最大の數値を示す。

加里給與の時期を異にした5種類の培養法では、7月24日より20日間加里2倍培養液の給與を受けた8號が最大で、生存率85%を示し、次で7號、8號の順となり、生育初期、加里給與を受けた6號及び生育後期加里給與を受けた10號共に悪く、その生存率はそれぞれ38%、47%である。

低温處理2は9月20日午後1時半より20分間低温室に入室せしめて得た結果である。低温室の温度は $-8^{\circ}\text{C}$ である。その結果を見るに、培養液を異にする1號より5號に至る5箇のポットの生存率は低温處理1に比し著しく高まつたに反し、加里給與時期を異にする6號より10號に至る5箇のポットの生存率は僅かしか高まらない。1號より5號に至る培養液を異にする5箇のポットでは加里2倍培養液で全生育期間培養を行なつた4號が1本の枯死も見ず最良で、加里給與の時期を異にする6號より10號に至る5箇のポットでは低温處理1同様生育中期に加里給與を受けたポットの生存率は高く、生育初期及び生育後期に加里給與を受けたものは低い。これら5箇のポット中最良のものは8月8日より20日間加里給與を受けた9號の93%である。

滲透壓は加里2倍培養液及び加里4倍培養液で培養した4號、5號高く共に0.16 molで、生育中期の終り加里給與を受けた9號も前同様0.16 molを示す。

これらの結果を総合して考えるに、加里を多量に給與された樹苗は耐寒性を増加し、又生育中期に加里を給與された樹苗の耐寒性は大きい事を知る。

## 2. トドマツに就いて

第6表 トドマツ Table 6 *Abies sachalinensis*

ポット番號 Pot No.	滲透壓蔗糖濃度 Osmotic pressure sucrose mol	低温處理 Exposure to $-6^{\circ}\text{C}$ for 1 hour		
		供試本數 No. of tree seedlings chilled	生存本數 No. of survival	生存率 % Percentage of survival
1	0.10	9	2	22
2	0.10	11	0	0
3	0.10	13	0	0
4	0.10	14	3	21
5	0.13	16	3	19

9月11日午前10時より3時間 $-2^{\circ}\text{C}$ の低温貯藏室に入室せしめたが枯死を見なかつたので、この樹苗を9月14日再び温度の低い低温豫備室に1時間入室せしめた。低温室の温度は $-6^{\circ}\text{C}$ である。

低温處理後2日を経た後、なお葉の一部が生存して居ると認められた樹苗を生存本數の中

に加えた。

加里  $\frac{1}{4}$  倍及び  $\frac{1}{2}$  倍培養液で培養した 2 號, 3 號の樹苗はすべて完全に枯死し, 1 號, 4 號, 5 號では僅かであるが葉の一部が生存して居る樹苗を認める事が出来た。しかして生存率は 3 箇のポット共殆んど等しく 20% 内外である。

滲透壓は 1 號, 2 號, 3 號, 4 號共に 0.10 mol で, 5 號僅かに高く 0.13 mol であつた。

これらの結果よりすれば, トドマツは加里の含有量が標準培養液に含有される以上の培養液で培養された場合に耐寒性が高まる事を知る。

### 3. 欧州トウヒに就いて

第 7 表 欧州トウヒ Table 7 *Picea excelsa*

ポット番號 Pot. No	滲透壓蔗糖濃度 Osmotic pressure sucrose mol	低温處理 Exposure to $-6^{\circ}\text{C}$ for 1 hour		
		供試本數 No. of tree seedlings chilled	生存本數 No. of survival	生存率 % Percentage of survival
1	0.14	22	5	23
2	0.10	34	7	21
3	0.13	21	3	14
4	0.14	28	13	46
5	0.18	31	13	42

低温處理の結果は 9 月 7 日午前 9 時より 1 時間, 9 月 8 日午前 11 時より 3 時間  $-2^{\circ}\text{C}$  の低温貯藏室に入室せしむる事に依つて枯死を見なかつたので, 9 月 14 日午前 12 時より 1 時間  $-6^{\circ}\text{C}$  の低温豫備室に入室せしめて得た結果である。

表に就いて觀察するに, 加里  $\frac{1}{2}$  倍培養液で培養した 3 號最も悪く, その生存率は 14% である。次で加里  $\frac{1}{4}$  倍培養液で培養した 2 號の 21% で, 最も生存率の高いのは加里 2 倍培養液で培養した 4 號の 46% で, 5 號これに次ぐ。

滲透壓は培養液中に含有される加里の量の最も少い 2 號最も低く, 加里の量の最多であつた 5 號が最高の數値を示し 0.18 mol であつた。

これらの結果より欧州トウヒも加里給與の量が多い場合に滲透壓及び生存率, 即ち耐寒性が高まる事を知る。

### 6. スギに就いて

低温處理 1 は 9 月 26 日午後 3 時より 10 分間  $-8^{\circ}\text{C}$  の低温室に入室せしめて得た結果である。

低温處理 2 は 9 月 28 日午後 3 時より 5 分間  $-8^{\circ}\text{C}$  の低温室に入室せしめて得た結果である。

第8表 スギ Table 8 *Cryptomeria japonica*

ポット 番 號 Pot No.	滲透壓 蔗糖濃度 Osmotic pressure sucrose mol	低溫處理 1 Exposure to $-3^{\circ}\text{C}$ for 10 min.			低溫處理 2 Exposure to $-8^{\circ}\text{C}$ for 5 min.		
		供試本數 No. of tree seedling chilled	生存本數 No. of survival	生存率% Percentage of survival	供試本數 No. of tree seedlings chilled	生存本數 No. of survival	生存率% Percentage of survival
1	0.10	14	2	14	14	13	93
2	0.06	15	0	0	13	13	100
3	0.07	15	0	0	14	11	79
4	0.10	10	0	0	11	11	100
5	0.12	14	1	7	15	15	100
6	0.05	15	2	13	15	15	100
7	0.05	15	0	0	14	14	100
8	0.06	15	1	7	15	12	80
9	0.08	15	1	7	15	14	93
10	0.06	14	0	0	15	14	93

低溫處理1と低溫處理2とを比較するに、低溫處理1では各ポットの樹苗は殆んどすべて枯死したに反し、低溫處理2では殆んどすべての樹苗が生存して居る。これを見ると各ポットの樹苗の枯死危険範囲は $-8^{\circ}\text{C}$ の場合は5分間から10分間にある様に考えられる。

これらの結果に就いて観察するに加里給與の量及び時期の異なる事に依り、スギ苗の耐寒性は鋭い反應を示さないが、標準培養液に含有せられる加里の量より多い加里給與を行つた場合に樹苗の耐寒性は高く、又時期別試験では生育の初期加里を給與した場合に樹苗の耐寒性が高まる様に思われる。しかし滲透壓は生育初期加里を給與されたポットの樹苗は低く、次第に高まり、9號が最高となり、8月19日より20日間加里給與を受けた10號に至り再び低下する。培養液別試験では2號最低で0.06 mol, 5號最高で0.12 molを示す。

##### 5. ヒノキに就いて

低溫處理1は9月20日午後1時半より20分間 $-8^{\circ}\text{C}$ の低温室に、低溫處理2は9月22日午後3時より $-8^{\circ}\text{C}$ の低温室に20分間入室せしめて得た結果である。

低溫處理1と低溫處理2とを比較するに、2號と3號の生存率が二つの低溫處理試験の間に可成の差を示す以外は、他の8箇のポットの生存率は低溫處理1と2との間に於て大差を認める事が出きない。

低溫處理1に於ける培養液を異にする1號より5號に至る5種類のポットに就いて観察するに、生存率の最も高いのは1號で73%を示し、4號、5號これに次ぎ共に67%である。3號は最も悪く、15本中生存したのは1本で7%を示す。

加里給與の時期を異にする6號より10號に至る5種類のポットでは7月5日より20日間

第9表 ヒノキ Table 9 *Chamaecyparis obtusa*

ポット 番 號 Pot No.	滲透壓 蔗糖濃度 Osmotic pressure sucrose mol	低温處理 1 Exposure to -8°C for 20 min			低温處理 2 Exposure to -8°C for 20 min.		
		供試本數 No. of tree seedlings chilled	生存本數 No. of survival	生存率% Percentage of survival	供試本數 No. of tree seedlings chilled	生存本數 No. of survival	生存率% Percentage of survival
1	0.10	15	11	73	15	9	60
2	0.08	15	7	47	14	2	14
3	0.08	15	1	7	14	8	57
4	0.13	15	10	67			
5	0.14	15	10	67	14	7	50
6	0.07	11	2	18	12	2	17
7	0.08	13	6	46	15	5	33
8	0.10	14	3	23	15	4	27
9	0.10	14	1	7	14	2	14
10	0.08	15	1	7	14	1	7

加里給與を受けた7號最良でその生存率は46%、次で8號、6號の順となり、9號、10號はそれぞれ14本中1本、15本中1本の生存木を見ただけで生存率は共に7%である。

低温處理2では1號最良で生存率60%、2號最も悪く14%である。

加里給與の時期を異にする5種類のポットでは、低温處理1同様7號最良でその生存率は33%、10號最も悪く7%である。

滲透壓は、培養液を異にする1號より5號に至る5種類のポットに就いて観察するに、2號、3號共に0.08 molで最も低く、5號0.14 molで最も高い。加里給與の時期を異にする5種類のポットでは6號0.07 molで最低、8號、9號共に0.10 molで最高である。

これらの結果に就いて観察するに、多量の加里給與を受けた樹苗の耐寒性に高まり、7月5日より20日間加里給與を受けた樹苗は、他の時期に20日間加里給與を受けた樹苗より耐寒性が高い事を知る。

#### 6. アカマツに就いて

低温處理1は9月22日午後3時より20分間-8°Cの低温室に入室せしめて得た結果であり、低温處理2は9月26日午後3時より15分間-8°Cの低温室に入室せしめて得た結果である。

低温處理1に就いて観察するに、培養液を異にする5種類のポットでは1號生存率最も低く17%で、3號最も高く31%である。

加里給與の時期を異にする5種類のポットでは7號、10號共に17%で最も高く、6號、8號、9號は共に8%で最も低い。

第10表 アカマツ Table 10 *Pinus densiflora*

ポット 番 號 Pot No.	滲透壓 蔗糖濃度 Osmotic pressure sucrose mol	低温處理 I Exposure to -8°C for 20 min.			低温處理 I Exposure to -8°C for 15 min.		
		供試本數 No. of tree seedlings chilled	生存本數 No. of survival	生存率% Percentage of survival	供試本數 No. of tree seedling chilled	生存本數 No. of survival	生存率% Percentage of survival
1	0.08	12	2	17	14	4	29
2	0.08	12	3	25	13	4	31
3	0.07	13	4	31	14	3	21
4	0.10	14	3	21	14	4	29
5	0.10	10	2	20	11	2	18
6	0.06	12	1	8	13	1	8
7	0.08	12	2	17	12	2	17
8	0.06	12	1	8	12	3	25
9	0.07	13	1	8	14	4	29
10	0.06	12	2	17	13	3	23

低温處理2の培養液を異にする5種類のポットでは2號31%で生存率最も高く、5號18%で最も低い。

加里給與の時期を異にする5種類のポットでは9號生存率最も高く29%で、8號これに次ぎ、6號は低温處理1の場合と同様生存率は8%で最低を示す。

滲透壓は1號より5號に至る培養液を異にする5種類のポットでは3號最低で0.07 mol、4號、5號共に0.10 molで最高である。加里給與の時期を異にする5種類のポットでは7號0.08 molで最高、6號、8號、10號は共に0.06 molで最低である。

これらの結果に就いて観察するに、培養液を異にする場合即ち加里給與量の多少に依り、樹苗の耐寒性は變化を示さず、5種類のポットの生存率の差は10%内外に止まる。加里給與時期を異にする場合、即ち6號より10號に至る5種類のポットでは生育初期加里給與を受けた6號の生存率最も悪く、他は殆んど變らず、その生存率の差は10%内外に止まる。

## 7. クロマツに就いて

第11表 クロマツ Table 11 *Pinus Thunbergii*

ポット番號 Pot No.	滲透壓蔗糖濃度 Osmotic pressure sucrose mol	低温處理 Exposure to -6°C for 1 hour		
		供試本數 No. of tree seedlings chilled	生存本數 No. of survival	生存率 % Percentage of survival
1	0.12	9	2	22
2	0.10	13	3	23
3	0.10	15	1	7
4	0.12	15	5	33
5	0.14	8	6	75

低温處理の結果は9月9日午前10時半より1時間半  $-2^{\circ}\text{C}$  の低温貯藏室に入室せしめて枯死を見なかつた各ポットで實驗を繰返し得た結果である。

9月14日午前12時より  $-6^{\circ}\text{C}$  の低温豫備室で1時間低温處理を行なつた。しかして樹苗の葉の一部分でも枯死を免かれて居るものを生存木と認め、生存本数の中に加えた。

表に依れば、加里  $\frac{1}{2}$  倍培養液で培養した3號最も生存率低く、15本中1本の生存木を認めただけで生存率は7%である。次で1號、2號の順となり、加里4倍培養液で培養した5號は生存率最も良く75%で、次で良好な4號の2倍以上の数値を示す。

滲透壓は2號、3號共に0.10 mol で最も低く、5號は最も高く0.14 mol であつた。

これらの結果に就いて觀察するに、クロマツ苗は加里を多量に給與される事に依り、その耐寒性を向上せしむる事を知る。

#### 8. クスに就いて

第12表 クス Table 12 *Cinnamomum Camphora*

ポット 番 號 Pot No.	滲透壓 蔗糖濃度 Osmotic pressure sucrose mol	低温處理 1 Exposure to $-8^{\circ}\text{C}$ for 7 min.			低温處理 2 Exposure to $-5^{\circ}\text{C}$ for 8 min.			低温處理 3 Exposure to $-3.5^{\circ}\text{C}$ for 50 min.		
		供 試 本 數 No. of tree seedlings chilled	生 存 本 數 No. of survival	生 存 率 % Percentage of survival	供 試 本 數 No. of tree seedlings chilled	生 存 本 數 No. of survival	生 存 率 % Percentage of survival	供 試 本 數 No. of tree seedlings chilled	生 存 本 數 No. of survival	生 存 率 % Percentage of survival
1	0.26	15	3	20	15	14	93	14	9	64
2	0.22	15	1	7	15	14	93	14	8	57
3	0.22	15	2	13	15	14	93	14	10	71
4	0.28	15	6	40	15	14	93	14	9	64
5	0.28	15	2	13	15	15	100	15	11	73
6	0.20	15	1	7	15	15	100	15	7	47
7	0.20	15	4	27	15	15	100	15	13	87
8	0.24	15	5	33	15	15	100	15	9	60
9	0.22	15	3	20	15	15	100	15	13	87
10	0.20	15	3	20	15	15	100	15	14	93

低温處理1は9月28日午後3時より7分間  $-8^{\circ}\text{C}$  の低温室に入室せしめて得た結果である。

低温處理2は9月29日午後2時半より8分間  $-5^{\circ}\text{C}$  の低温室に入室せしめて得た結果である。

低温處理2では殆んど枯死する樹苗なく、結果が不明瞭だつたので、低温處理の結果、枯死した樹苗を抜取つた他の生存木で低温處理3の實驗を行つた。低温處理3は9月30日午前。

10 時より 50 分間  $-3.5^{\circ}\text{C}$  の低温室に入室せしめて得た結果である。

低温処理 1 に就いて観察するに、培養液を異にする 5 種類のポットでは、培養液中に含有される加里の量の最も少い加里  $\frac{1}{4}$  倍培養液で培養された 2 號の生存率は最も悪く、15 本中 1 本の生存木を見ただけで、その生存率は 7% である。4 號は 40% で最も高い。

加里給與時期を異にする 5 種類のポットでは、生育中期 8 月 2 日より 20 日間加里給與を受けた 8 號は生存率最大で 33% を示し、次で 7 號である。7 月 8 日より 20 日間加里給與を受けた 6 號は生存率最小で、僅か 7% である。

低温処理 2 では 1 號, 2 號, 3 號, 4 號の各ポットに各々 1 本ずつの枯死を見ただけである。

低温処理 3 の培養液を異にする 5 種類のポットに就いて観察するに、低温処理 1 同様 2 號は生存率最も悪く 57% である。最良の生存率は 5 號の 73% であるが、2 號との間に大差はない。

加里給與の時期を異にする 5 種類のポットでは、6 號は低温処理 1 の場合と同様その生存率最も悪く 47% である。10 號は 93% で最良の生存率を示し、7 號, 9 號これに次ぎ、その生存率は共に 87% である。

滲透壓に就いて観察するに、培養液を異にする 5 種類のポットでは 2 號, 3 號共に 0.22 mol で最低、4 號, 5 號共に 0.28 mol で最高である。

加里給與の時期を異にする 5 種類のポットでは、生育中期に加里給與を受けた 8 號が最高で 0.24 mol を示し、生育初期及び生育後期に加里給與を受けた 6 號, 10 號は最低で 0.20 mol である。

これらの結果に就いて観察するに、加里給與の量及び時期の異なる事により、クス苗の耐寒性は鋭い反應を示さないが、標準培養液に含有される加里の量より多量の加里を含有する培養液で培養される場合、樹苗の耐寒性は向上し、加里給與の時期も、生育初期は不適當で生育中期以後が良好である事を窺知し得る。

## 考 察

本研究の結果を観察するに、各樹種共加里給與の量及び時期の違いに依り、多少の差こそあれ、樹苗の耐寒性の強弱に關する變化が認められる。

各樹種共標準培養液に含有される加里の量、即ち  $\text{K}_2\text{O}$  16.2 mg より多い培養液で培養された場合、耐寒性が向上する。

しかしてクスを除いた他の樹種では、2 號即ち加里  $\frac{1}{4}$  倍培養液で培養された樹苗が、加

里 $\frac{1}{2}$ 倍培養液で培養された3號及びクロマツでは標準培養液で培養された1號より生存率が高い。培養液を異にする5種類のポットでは、アカマツ以外の他の樹種は培養液に含有される加里の量の増加の比例して滲透壓が高まる事が知られ、加里含有量の最も少ない培養液で培養された2號の樹苗の滲透壓最も低い結果を見たにかかわらず3號、ある樹種では1號の樹苗より高い生存率を示す事を考えると、この理由として滲透壓以外の他の有効な因子を考えねばならない。1l中の加里の量が4.1mg程度の少ない培養液で培養された爲に、2號の樹苗の生育が抑制され、早く休眠期に近づく事も、その理由の一つと考えられる。

又各樹種ごとに加里吸収の時期の異なるのは當然であり、同時に又、その吸収された加里の耐寒性向上に働く時期も異なるのは當然であるが、加里吸収最多の時期に加里を給與された場合、耐寒性向上に最も有効であるかどうかは今後の研究に俟たねばならない。しかしてスギは生育初期加里給與を受けた場合、耐寒性が向上すると云う結果を得た以外は、他の4種の樹種では生育中期に加里給與を受けた場合である事は興味ある問題と言わねばならない。

## 摘 要

1. アカマツ以外の他のすべての樹種は加里給與の量の増加に比例して耐寒性が向上した。
2. 耐寒性向上に有効な加里給與の時期は、スギでは生育の初期であり、他の4種の樹種即ちエゾマツ、ヒノキ、アカマツ、クスでは生育中期であつた。
3. 滲透壓は多量の加里を含有する培養液で培養した樹苗程高く、又各樹種共生育中期に加里給與を受けた樹苗程高い。

## 参 考 文 献

- 1) BREAZEALE, J. F.: Response of Citrus seedlings in water cultures to salts and organic extracts. Jour. Agr. Res. 18, 267-274, 1919.
- 2) CAROLL, J. C. & WELTON, A.: Effect of heavy and late applications of nitrogenous fertilization on the cold resistance of Kentucky bluegrass. Pl. Phy. 297-308, 1939.
- 3) CONSTANTINESCU, E.: Weitere Beiträge zur Physiologie der Kälteresistenz bei Wintergetreide. Planta 21, 304-323, 1933.
- 4) DEXTER, S. T.: A method for determining hardiness in plants. Science n. s. 71, 220-221, 1930.
- 5) DEXTER, S. T.: Effect of several environmental factors on the hardening of plants. Pl. Phy. 8, 123-139, 1933.
- 6) DEXTER, S. T.: Salt concentration and reversibility of ice formation as related to the hardiness of winter wheat. Pl. Phy. 9, 601-618, 1934.
- 7) DEXTER, S. T.: Growth, organic nitrogen fractions, and buffer capacity in relation to hardiness of plants. Pl. Phy. 10, 149-158, 1935.

- 8) DUNN, S. : Factors affecting cold resistance in plants. *Pl. Phy.* 12, 512-526, 1937.
- 9) HARVEY, R. B. : The hardening process in plants and developments from frost injury. *Jour. Agr. Res.* 15, 83-113, 1918.
- 10) HARVEY, R. B. : Time and temperature factors in hardening plants. *Amer. Jour. Bot.* 17, 212-217, 1930.
- 11) KOPITKE, J. C. : The effect of potash salts upon the hardening of coniferous seedlings. *Jour. Forestry* 39, 555-558, 1941.
- 12) MEYER, B. S. ; Further studies on cold resistance in evergreens, with special reference to the possible role of bound water. *Bot. Gaz.* 94, 297-321, 1932.
- 13) 佐野 榮 : 桑樹の水耕培養, *日土肥誌*, 14, 216-222, 1940.
- 14) 佐藤義夫・武藤憲由 : カラマツ及びヒバに關する肥料學的基礎研究, 北大演習林報告, 第15卷, 第1號.
- 15) 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, 1-44, 1939.
- 16) 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, 1948.
- 17) 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  $N, K_2O, P_2O_5$  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, 1948.
- 18) 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) 榮養液の反應が稚苗の發育に及ぼす影響 (I), 東大演習林報告, 第38號, 59-69, 1950.
- 19) 芝本武夫・高橋末基・川名 明 : 林木稚苗の水耕法に關する研究 (第4報) 榮養液の反應が稚苗の發育に及ぼす影響 (II), 東大演習林報告, 第38號, 71-93, 1950.
- 20) 田崎桂一郎・海老原爲雄・石垣善守 : 柑橘類の水耕に就いて, *日土肥誌* 13, 198-201, 1939.
- 21) 田澤 博 : 霜と霜害, *寒地農學*, 第1卷, 2號, 3號, 1947.
- 22) WILHELM, A. F. : Untersuchungen über die Kälteresistenz winterfester Kulturpflanzen unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses verschiedener Mineralsalznahrung und des N-Stoffwechsels. *Phytopath. Zeitschr.* 8, 111-156, 1935.
- 23) WILHELM, A. F. : Untersuchungen über das Verhalten sogenannter nicht eisbeständiger Kulturpflanzen bei niederen Temperaturen, unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses verschiedener Mineralsalznahrung und des N-Stoffwechsels. *Phytopath. Zeitschr.* 8, 337-362, 1935.
- 24) 山本狷吉 : 柑橘の水耕培養に就いて, *日土肥誌* 8, 107, 1934.
- 25) 吉井義次 : 植物凍死と耐寒性の問題, *農業及園藝*, 11卷, 1號, 43-52, 1936.

## Résumé

Tree species used in this study were as follows: *Picea jezoensis*, *Abies sachalinensis*, *Picea excelsa*, *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa*, *Pinus densiflora*, *Pinus Thunbergii*, and *Cinnamomum Camphora*.

*P. jezoensis*, and *A. sachalinensis* were grown in 1 l capacity glazed pots, while the other six tree species, in 3.5 l capacity WAGNER's pots.

*P. jezoensis*, *A. sachalinensis*, and *P. excelsa* received nutrient solutions containing nitrogen from  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , while the other five tree species, from  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . The chemical composition of these nutrient solution was reported in table 2 and table 3.

Solutions with fourth amount of potassium, and solutions with one half amount of potassium were made by mixing solutions minus potassium in control solutions. Solutions with twofold amount of potassium were made by mixing solutions with fourfold amount of potassium in control solutions.

Pot No. 1 in table shows that tree seedlings received each of control solutions.

Pot No. 2, each of solutions with fourth amount of potassium.

Pot No. 3, each of solutions with one half amount of potassium.

Pot No. 4, each of solutions with twofold amount of potassium.

Pot No. 5, each of solutions with fourfold amount of potassium.

In order to test the effect of potassium supply at the different stages of growth upon the cold resistance of tree seedlings, they were supplied with each of solutions minus potassium during the entire growing period except 20 days when they were supplied with each of solutions with twofold amount of potassium at the different stages of growth.

The plan of experiments was reported in figure 1 and figure 2.

These nutrient solutions were renewed at intervals of five days.

The H-ion concentration of these nutrient solutions was corrected to 5.5 by the use of HCl solution.

After measuring osmotic pressure of these tree seedlings by means of the method of plasmolysis, they were transplanted to vessels of quartz sand (30 cm × 20 cm × 5 cm), and were exposed to low temperature.

### Results

1. All the tree species except *P. densiflora* grew more hardy to cold with the supply of high amount of potassium than with the supply of low amount of potassium.

2. *C. japonica* grew more hardy to cold with the supply of Potassium at the early stage of growth than with the supply of it at the other stages of growth. *P. jezoensis*, *C. obtusa*, *P. densiflora*, and *C. Camphora* grew more hardy to cold with the supply of Potassium at the middle stage of growth than with the supply of it at the other stages of growth.

3. High osmotic pressure was related to the supply of high amount of potassium. Osmotic pressure of tree seedlings made higher with the supply of potassium at the middle stage of growth than with the supply of it at the other stages of growth.