HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道主要造林樹種の凍害に関する研究(III)：凍害發生の時期
Author(s)	今田, 敬一; 武藤, 憲由
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 19(1), 79-121
Issue Date	1958-03
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/20756
Type	bulletin (article)
File Information	19(1)_P79-121.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道主要造林樹種の凍害に関する研究 (III)

凍害發生の時期

今田敬一
武藤憲由

STUDIES ON THE FROST DAMAGE OF IMPORTANT PLANTATION SPECIES IN HOKKAIDO, JAPAN (III)

THE TIMES OF FROST DAMAGE

By

Keiichi KONDA, Professor, Ringakuhakushi,
and Kazuyoshi MUTO, Assistant Professor

目　次

緒　言 …… 79
実験材料及び方法 …… 80
実験結果 …… 82
I. −35°C で行つた実験 …… 82
II. −20°C で行つた実験 …… 84
III. −10°C で行つた実験 …… 92
IV. −5°C で行つた実験 …… 97
考　察 …… 115
摘　要 …… 119
参考文献 …… 120
Summary …… 121

緒　言

造林地の植栽木や苗圃の苗木は，開芽季に凍害をおこす有害な低気温があらわれなかつた年でも，明らかに凍害をうけた形態を示すことがあり，調べてみると，開舒以前，まだ膨らみもしない状態で凍死した芽がところどころに着いている。

この研究は，いろいろな低温で，トドマツなどの芽が凍死しはじめる時期を実験し，

また，一部に朝日の影響に関する実験を附帯させた。

この実験に，北海道大学附属低温科学研究所第1低温室と第3低温室使用の便宜を与えられた青木廉教授，朝比奈英三助教授，酒井昭助手，根井外喜男教授，林喬義助教授に厚く感謝の意を表し，また実験の一部を手伝つた浅沼修蔵農学士に謝意を表する。

実験材料及び方法

北海道の主要造林樹種トドマツ，エゾマツ，アカエゾマツ，ドイツトウヒ，カラマツなどの枝や苗木の冬芽が，−35°C，−20°C，−10°C，−5°C の低温にさらされて凍死しはじめる時期を調べた。−5°C で行つた実験では不定芽の発生状態も調べた。

−35°C で行つた実験

大きい冬芽を着けた枝を採集するため，トドマツ，エゾマツ，アカエゾマツ，ドイツトウヒは24年生の母樹，カラマツは17年生の母樹の上部から枝を採集した。これらの母樹は北海道大学農学部附属演習林実験苗圃に植えられていたものである。また，3月4日に北海道大学の苫小牧演習林の林地から採集したトドマツ，カラマツ，ドイツトウヒの枝も実験に用いた。

低温室に入れる日の朝，各樹種ごとに2本づつ枝を採集した。

枝は30〜40 cm の長さに切り，これをビニールで二重に包んで，午後5時に北海道大学附属低温科学研究所第3低温室の前室（−17°〜−20°C）に入れ，翌朝9時に本室（−33°〜−35°C）に移した。8時間冷却後また前室に移し，次の日の朝9時に戸外に出した。即ち，−35°C で8時間冷却の前後に16時間づつ −20°C で処理したことになる。

低温室から出した枝はビニールに包んだまま，苗圃の −2°C 前後の部屋に5時間ほど置いたのち，水挿して25°C の定温器に入れた。

枝の冷却は1957年2月11日から大体10日目ごとに行い，3月14日に終つた。

カラマツ，ドイツトウヒの凍害を受けていない冬芽は殆んど全部定温器内で開舒伸長するが，トドマツとアカエゾマツは開舒する芽が少なかつた。そのため約1カ月後に冬芽を切断し，中の芽が正常な緑色を呈しているものを凍害のない芽とし，褐色に変つているものを凍死した芽とした。

−20°C で行つた実験

2年生トドマツ苗木，3年生アカエゾマツ苗木，2年生ドイツトウヒ苗木，1年生カラマツ苗木を実験に用いた。

1956年11月上旬に内径縦35 cm，横25 cm，深さ10 cm の木鉢に30本づつ植え，もみがらを3 cm の厚さにかけ，木鉢が3 cm 程度地上に出るように土にいけ越冬させた。

1957年2月28日80 cm くらい積つていた雪を50 cm ほど除いた。3月18日完全に苗

木があらわれたが，4月1日雪が降り，2日間雪にうずもれた。

苗木は低温科学研究所第3低温室の前室（−17°〜−20°C）で，午前9時から午後5時まで8時間冷却した。

苗木の冷却は1957年3月7日から大体10日目ごとに行い，4月4日に終つた。

低温室から出した木鉢は硝子室に移し，6月上旬に凍害の有無を調べた。ただカラマツは冬芽の開舒の時期が早いので調査を5月中旬に行つた。

冬芽が開舒して伸びたものを凍害がなかつた芽とした。

なお，各樹種ごとに木鉢1個を戸外に置き，冬芽の開舒の時期を調べた。

−10°Cで行つた実験

苗木を冷却した温度と日時がちがうだけで，そのほかは−20°Cの実験と同じである。

苗木は低温科学研究所第1低温室の本室（−10°〜−12°C）で，午前9時から午後5時までの8時間冷却した。

苗木の冷却は1957年4月5日から10日目ごとに行い，4月25日に終つた。

冬芽の開舒の時期を調べる木鉢は−20°Cで行つた実験のものと同じである。

−5°Cで行つた実験

トドマツ，エゾマツ，アカエゾマツ，ドイツトウヒ，カラマツの各苗木を実験に用いた。カラマツ苗木だけが1年生で他の4樹種は3年生である。

1956年3月下旬にこれらの苗木を前記の木鉢に30本づつ植えた。

苗木は苗圃の実験室の電気冷蔵庫（内径縦125 cm，横117 cm，奥行70 cm）で2時間冷却した。

電気冷蔵庫内に，氷点下が長く1°Cの間隔の広い寒暖計をさしこみ，これを見ながら手動で電源スイッチを出入し，−5°Cの温度をたもつた。しかしできるだけ注意したが，温度は0.5°C程度ふれている。

苗木の冷却は1956年4月18日からはじめた。各樹種の苗木の冬芽の開舒時期が近づいたとき，−5°Cで2時間冷却後，すぐ硝子室に出して直射日光に当てたもの，即ち，すぐ常温に戻す標準区と，冷却後機械を止めた電気冷蔵庫内にそのまま1時間木鉢を置き，温度を徐々に上らせ，次いで硝子室より3°〜10°C低い室内に1時間置いたもの，即ち，徐々に常温に戻した処理区と2種類を作り，凍害の程度をくらべた。

なお，各樹種ごとに木鉢1個を戸外に置いて，冬芽の開舒の時期を調べた。

5月下旬と6月上旬にこれらの苗木の芽の凍害の有無を調べた。

冷却した木鉢の苗木を，よしずで覆つた硝子室に置き，適当に水を与えて育成し，7月と8月の2回，凍死した芽の跡に作られる不定芽の発生状態を調べた。

また−20°C，−10°C，−5°Cで行つた実験では，主軸の頂芽のほかに，苗木の各部に

着いている芽の凍害状態も調べた。主軸の頂芽のまわりに着いている芽を尖端の芽とし，前年に伸びた1年生の主軸を3分し，芽の位置によつて上部の芽，中部の芽，下部の芽とした。また枝の場合は，苗木の高さを3分し，枝の位置によつて上部の枝，中部の枝，下部の枝としてそれらの芽を調べた。なお，3年生の各樹種の苗木には，2年生或いは3年生の主軸に不定芽が作られていることがあるが，その数がきわめて少ないため，調査からのぞいた。

実験結果

I. −35°Cで行つた実験

1. トドマツの枝で実験した結果は第1表である。

2月12日 −35°Cで8時間冷却した実験では，枝の1本に着いていた冬芽には殆んど凍害がなく，他の1本の冬芽は半数以上凍死した。しかし2月20日になると，2本の枝とも冬芽の殆んど全部が凍死した。3月5日，3月14日に行つた実験では，全部凍死し，3月4日苫小牧演習林から採集した枝の冬芽も同じであつた。

第1表 トドマツの枝の冬芽の凍死状態 (−35°C, 8時間)

*処理日	冬芽数	生		凍死	
		個数	%	個数	%
2月12日	28	27	96	1	4
	36	17	47	19	53
2月20日	35	2	6	33	94
	27	1	4	26	96

* −35°Cで8時間冷却した日を処理日とした。この前後に−20°Cで16時間づつ冷却している。

2. エゾマツの枝で行つた実験

2月12日から3月14日までに行つた実験では，エゾマツの枝の冬芽は全部凍死した。ただ，25°Cの定温器に入れると芽鱗だけ膨んでくる。また，芽の基部の組織が伸びて，凍死，乾燥してちぢんだ褐色の芽をおし上げているものもある。

第2表 アカエゾマツの枝の冬芽の凍死状態 (−35°C, 8時間)

処理日	冬芽数	生		凍死	
		個数	%	個数	%
2月12日	62	54	87	8	13
	56	40	71	16	29
2月20日	52	7	13	45	87
	75	11	15	64	85

3. アカエゾマツの枝で実験した結果は第2表である。

アカエゾマツの冬芽も，2月20日になると凍死が多く，それぞれ87%と85%凍死した。3月5日と3月14日に行つた実験の冬芽は全部凍死した。

4. ドイツトウヒの枝で実験した結果は第3表である。

第3表 ドイツトウヒの枝の冬芽の凍死状態 (−35°C, 8時間)

処理日	冬芽数	生		凍死	
		個数	%	個数	%
2月12日	33	29	88	4	12
	39	39	100		
2月20日	44	22	50	22	50
	47	25	53	22	47
3月5日	45	9	20	36	80
	54	12	22	42	78
	*43	17	40	26	60
	*29	26	90	3	10
3月14日	41	10	24	31	76
	50	18	36	32	64

* 印は苫小牧演習林から採集した枝の冬芽数である。

ドイツトウヒの冬芽は2月20日に−35°Cで8時間冷却しても半数が生きている。3月14日でも，凍死の割合は多くなるが，2本の枝を平均すると30%生きている。原因はよくわからないが，3月5日に冷却した枝の冬芽の凍死率は，3月14日のものよりいくらか多い。苫小牧演習林から採集した枝の冬芽は，3月5日でも，1本の枝の冬芽は僅か10%の凍死で，他の1本の枝の冬芽も40%生きていた。

5. カラマツの枝で実験した結果は第4表である。

2月20日には冬芽は殆んど凍死しないが，3月5日になると急に凍死がふえ，90%前後凍死する。苫小牧演習林から採集した枝の冬芽は3月5日でも1個も凍死しない。3月14日の実験に用いた枝の冬芽は全部凍死した。

なお，1月30日午前10時−10°C，午後5時−20°C，31日午前10時−35°C，2月1日午前10時−20°C，午後1時半−10°C，午後5時低温室から出すという方法で，−35°Cで24時間冷却したところ，カラマツの枝の冬芽は殆んど全部生きており，ドイツトウヒは約10%，アカエゾマツは約5%の冬芽が生きていた。しかしトドマツとエゾマツの冬芽は全部凍死した。これらの結果から推察すると，カラマツは最も耐寒性が強いようで，林地における結果とも一致している。

第 4 表　カラマツの枝の冬芽の凍死状態　(−35°C, 8 時間)

処理日	冬芽数	生		凍死	
		個数	%	個数	%
2 月 12 日	35	28	80	7	20
	32	32	100		
2 月 20 日	31	29	94	2	6
	36	36	100		
3 月 5 日	25	2	8	23	92
	24	3	13	21	88
	*72	72	100		
	*57	57	100		

* 印は苫小牧演習林から採集した枝の冬芽数である。

以上のように，トドマツとアカエゾマツは 2 月 20 日に −35°C で 8 時間冷却すると大部分の冬芽は凍死するが，カラマツは 2 月 20 日の実験では殆んど凍死がなく，ドイツトウヒは 3 月 14 日でも 30% 前後の冬芽が生きている。苫小牧演習林から採集した枝の冬芽は実験苗圃のものより凍死が少なく，その結果は 13 日前 2 月 20 日に実験苗圃から採集した枝で実験した結果と似ている。

芽が凍死しても 25°C の定温器に入れると芽鱗だけは膨らんでくるが，枝を冷却した時期がおそくなるとこの数は少なくなる。

同じ樹種でも個体ごとに低温に対する抵抗力がちがうので，2 本の母樹から 1 本づつ枝を採集して行つたこの実験でも，2 本の枝の冬芽の凍死率には差がある。とくに実験苗圃から採集したトドマツの枝と，苫小牧演習林から採集したドイツトウヒの枝では，この凍死率の差は著しい。

II.　−20°C で行つた実験

1.　2 年生トドマツ苗木について

3 月 7 日 −20°C で 8 時間冷却した結果は第 5 表である。

主軸の頂芽の 60% は凍死する。尖端の芽は主軸の頂芽より凍死が多い。上部，中部の芽は主軸の頂芽と殆んど同じ凍死の割合を示す。下部の芽の凍死は少ない。

枝の頂芽の凍死は，上部の枝に多く，下部の枝に少ない。上部の枝の頂芽の凍死の割合は主軸の頂芽のそれより多い。

主軸の頂芽が生きている苗木に着いている芽は大部分凍死しない。

この実験で苗木に着いていた芽が全部凍死した苗木 5 本は 6 月中旬までに枯死した。

3 月 15 日に行つた実験の結果は第 6 表である。

第 5 表　2年生トドマツ苗木の凍死状態　(3月7日，−20°C)

芽の位置			供試数	生 個数	生 %	凍死 個数	凍死 %
1年生の主軸	頂芽		30	12	40	18	60
	尖端		39	6	15	33	85
	上部		9	4	44	5	56
	中部		41	19	46	22	54
	下部		20	16	80	4	20
枝の位置	上部	頂芽	21	5	24	16	76
		其他	17	5	29	12	71
	中部	頂芽	4	2	50	2	50
	下部	頂芽	16	11	69	5	31

第 6 表　2年生トドマツ苗木の凍死状態　(3月15日，−20°C)

芽の位置			供試数	生 個数	生 %	凍死 個数	凍死 %
1年生の主軸	頂芽		30	8	27	22	73
	尖端		36	9	25	27	75
	上部		15	7	47	8	53
	中部		48	20	42	28	58
	下部		25	12	48	13	52
枝の位置	上部	頂芽	30	3	10	27	90
		其他	44	8	18	36	82
	中部	頂芽	8	3	38	5	63
		其他	1			1	100
	下部	頂芽	15	11	73	4	27
		其他	1			1	100

主軸の頂芽の約3/4は凍死する。尖端の芽もこれと同様である。上部，中部，下部の芽の凍死の割合は52%から58%の間にある。

上部の枝の頂芽の90%は凍死する。中部，下部の枝の頂芽の順に凍死が少なく，下部の枝の頂芽の約3/4は凍死をまぬかれている。

この実験で芽が全部凍死した苗木7本中4本は6月中旬までに枯死した。

3月26日に行つた実験の結果は第7表である。

3月26日になると，主軸の頂芽は大部分，尖端の芽は殆んど全部凍死する。ただ下部

第 7 表　2年生トドマツ苗木の凍死状態 (3月26日, −20°C)

芽の位置			供試数	生		凍死	
				個数	%	個数	%
1年生の主軸	頂芽		30	4	13	26	87
	尖端		40	1	3	39	98
	上部		12			12	100
	中部		42	14	33	28	67
	下部		18	13	72	5	28
枝の位置	上部	頂芽	28	6	21	22	79
		其他	26	9	35	17	65
	中部	頂芽	13	3	23	10	77
		其他	7	1	14	6	86
	下部	頂芽	13	9	69	4	31
		其他	2	1	50	1	50

の芽の凍死は僅か28%である。

上部の枝の頂芽は主軸の頂芽よりいくらか凍死が少ない。下部の枝の頂芽の69%は凍死しない。

この実験でも，芽が全部凍死した苗木7本中5本は6月中旬までに枯死した。

4月4日 −20°C で8時間冷却した苗木は全部，幹が乾燥し，ひだが出来て，枯死していた。

2年生トドマツ苗木の主軸の頂芽は5月17日に開舒した。1年生の主軸に着いている尖端，上部，中部の芽は主軸の頂芽より早く，平均して5月13日に開舒した。3月7日に −20°C で8時間冷却した苗木の主軸の頂芽の凍死は60%，3月15日には73%，3月26日には87%凍死することから推察すると，−20°C で主軸の頂芽の半数以上が凍死しはじめる時期は3月7日のすこし前，即ち芽の開舒する70日よりすこし前頃である。

尖端の芽は主軸の頂芽より凍死しやすく，主軸の上部の芽と中部の芽は頂芽よりいくらか凍死しにくく，下部の芽は凍死しにくい。

上部の枝の頂芽は，3月26日に冷却した結果だけ主軸の頂芽よりいくらか凍死が少なく，3月7日と3月15日に冷却した結果では，凍死はこれよりかなり多い。下部の枝の頂芽の凍死は少ない。

4月4日，主軸の頂芽の開舒する約40日前では，−20°C で冷却すると芽ばかりでなく，苗木全体が枯死する。

2. 3年生アカエゾマツ苗木について

3月7日 −20°C で8時間冷却した結果は第8表である。

主軸の頂芽は30個中17個，57% が凍死する。1年生の主軸に着いている芽は，尖端の芽だけが主軸の頂芽よりいくらか凍死が少ないだけである。

枝の頂芽や枝に着いている芽は，枝の位置に殆んど関係なく60% くらい凍死する。ただ下部の枝に着いている芽は凍死が多く77% である。

第8表 3年生アカエゾマツ苗木の凍死状態 (3月7日，−20°C)

芽の位置			供試数	生		凍死	
				個数	%	個数	%
1年生の主軸	頂芽		30	13	43	17	57
	尖端		29	14	48	15	52
	上部		74	24	32	50	68
	中部		72	24	33	48	67
	下部		48	19	39	29	61
枝の位置	上部	頂芽	71	28	39	43	61
		其他	202	78	39	124	61
	中部	頂芽	106	38	36	68	64
		其他	387	145	37	242	63
	下部	頂芽	54	20	37	34	63
		其他	249	58	23	191	77

第9表 3年生アカエゾマツ苗木の凍死状態 (3月15日，−20°C)

芽の位置			供試数	生		凍死	
				個数	%	個数	%
1年生の主軸	頂芽		30	15	50	15	50
	尖端		34	13	39	21	61
	上部		41	16	39	25	61
	中部		69	23	33	46	67
	下部		40	22	55	18	45
枝の位置	上部	頂芽	63	25	40	38	60
		其他	164	69	42	95	58
	中部	頂芽	131	48	37	83	63
		其他	357	128	36	229	64
	下部	頂芽	103	37	36	66	64
		其他	323	97	30	226	70

3月15日に行つた実験の結果は第9表である。

この実験では，3月7日のときより主軸の頂芽の凍死が少なく，半分は生きている。1年生の主軸に着いている芽は，下部の芽だけ主軸の頂芽より5%凍死が少ない。

枝の頂芽や枝に着いている芽は，僅かであるが上から出た枝ほど凍死が少なくなつている。上部の枝の頂芽や枝に着いている芽の40%は生きている。

この実験で芽が1個も開舒しない苗木7本は6月中旬までに枯死した。

3月26日に行つた実験の結果は第10表である。

第10表　3年生アカエゾマツ苗木の凍死状態　(3月26日，−20°C)

芽の位置			供試数	生		凍死	
				個数	%	個数	%
1年生の主軸	頂芽		30	4	13	26	87
	尖端		38	6	16	32	84
	上部		58	4	7	54	93
	中部		73	6	8	67	92
	下部		71	13	18	58	82
枝の位置	上部	頂芽	61	6	10	55	90
		其他	148	15	10	133	90
	中部	頂芽	126	32	25	94	75
		其他	400	97	24	303	76
	下部	頂芽	95	36	38	59	62
		其他	372	93	25	279	75

第11表　3年生アカエゾマツ苗木の凍死状態　(4月4日，−20°C)

芽の位置			供試数	生		凍死	
				個数	%	個数	%
1年生の主軸	頂芽		30	1	3	29	97
	尖端		31	2	6	29	94
	上部		64	1	2	63	98
	中部		75	3	4	72	96
	下部		68	12	18	56	82
枝の位置	上部	頂芽	83	5	6	78	94
		其他	213	19	9	194	91
	中部	頂芽	137	13	9	124	91
		其他	491	50	10	441	90
	下部	頂芽	75	5	7	70	93
		其他	422	48	11	374	89

3月26日になると，主軸の頂芽の凍死が急にふえ87%凍死する。尖端の芽と下部の芽は主軸の頂芽よりいくらか凍死が少なく，上部の芽と中部の芽ではいくらか多い。

枝の頂芽は下部のものほど凍死が少なく，枝に着いている芽もこれと同じ傾向を示す。

この実験でも芽が1個も開舒しない苗木が7本あつて，これらは6月中旬までに枯死した。

4月4日に行つた実験の結果は第11表である。

この実験では3年生アカエゾマツ苗木の各部に着いている芽の大部分は凍死した。主軸の頂芽は30個中僅か1個が生きていただけである。苗木の各部に着いている芽のうち10%以上生きているのは，1年生の主軸の下部の芽と中部の枝と下部の枝に着いている芽だけである。

1個の芽も開舒しない苗木15本中13本は6月中旬までに枯死した。

3年生アカエゾマツ苗木の主軸の頂芽は5月17日に開舒し，1年生の主軸に着いている芽は平均して5月16日に開舒した。

3月15日に−20°Cで8時間冷却した苗木の主軸の頂芽は半分生きている。11日後の3月26日には87%凍死する。主軸の頂芽の半数が凍死する時期は芽の開舒する約2カ月前である。

1年生の主軸に着いている芽は，下部の芽以外は主軸の頂芽より凍死しやすいように思われる。

枝の頂芽や枝に着いている芽は，3月7日と3月15日に行つた実験の結果では，主軸の頂芽より凍死しやすく，また，下部の枝ほど凍死が多い。しかし全般的に凍死が多くなる3月26日と4月4日の結果では，上部の枝以外は主軸の頂芽より凍死が少なく，しかも下部の枝ほど芽の凍死が少ない。これは苗木が冬を越す間に，下部の枝の芽ほど何等かの害を受けて死ぬものが多いことが原因である。

3. 2年生ドイツトウヒ苗木について

3月7日 −20°Cで8時間冷却した結果は第12表である。

3月7日に行つたこの実験では全体として凍死が少なく，主軸の頂芽の70%は生きている。

1年生の主軸に着いている芽や枝の頂芽，枝に着いている芽の凍死は30%以下である。ただ尖端の芽だけが33%凍死する。

3月15日の実験の結果は第13表である。

この実験では，8日前の3月7日の実験の結果より凍死が少ない。主軸の頂芽の凍死は僅か20%である。1年生の主軸の中部の芽以外は，芽の凍死は14%以下である。

3月26日に行つた実験の結果は第14表である。

第12表　2年生ドイツトウヒ苗木の凍死状態　(3月7日，−20°C)

芽の位置			供試数	生 個数	生 %	凍死 個数	凍死 %
1年生の主軸	頂芽		30	21	70	9	30
	尖端		6	4	67	2	33
	上部		45	38	84	7	16
	中部		45	33	73	12	27
	下部		48	43	90	5	10
枝の位置	中部	頂芽	24	19	79	5	21
		其他	2	2	100		
	下部	頂芽	15	14	93	1	7

第13表　2年生ドイツトウヒ苗木の凍死状態　(3月15日，−20°C)

芽の位置			供試数	生 個数	生 %	凍死 個数	凍死 %
1年生の主軸	頂芽		30	24	80	6	20
	尖端		3	3	100		
	上部		49	42	86	7	14
	中部		39	25	64	14	36
	下部		27	25	93	2	7
枝の位置	上部	頂芽	2	2	100		
	中部	頂芽	37	33	89	4	11
		其他	4	4	100		
	下部	頂芽	10	10	100		
		其他	1	1	100		

第14表　2年生ドイツトウヒ苗木の凍死状態　(3月26日，−20°C)

芽の位置			供試数	生 個数	生 %	凍死 個数	凍死 %
1年生の主軸	頂芽		30	7	23	23	77
	尖端		9	2	22	7	78
	上部		27	1	4	26	96
	中部		28	13	46	15	54
	下部		32	25	78	7	22
枝の位置	上部	頂芽	3	1	33	2	67
	中部	頂芽	10	4	40	6	60
	下部	頂芽	14	10	71	4	29

主軸の頂芽の77%は凍死する。上部の芽の凍死は多く，27個中1個生きているだけである。上部の芽を除くと，1年生の主軸の芽は下ほど凍死しにくく，下部の芽の凍死は僅か22%である。

枝の頂芽も下の枝ほど凍死しにくく，下部の枝の頂芽の凍死は僅か29%である。

4月4日に行つた実験の結果は第15表である。

第15表 2年生ドイツトウヒ苗木の凍死状態 (4月4日，−20°C)

芽の位置			供試数	生		凍死	
				個数	%	個数	%
1年生の主軸	頂芽		30	4	13	26	87
	尖端		3	1	33	2	67
	上部		38	5	13	33	87
	中部		33	9	27	24	73
	下部		35	28	80	7	20
枝の位置	中部	頂芽	14	5	36	9	64
	下部	頂芽	17	10	59	7	41

主軸の頂芽の87%は凍死する。1年生の主軸に着いている芽のうち下部の芽だけとくに凍死が少ない。

下部の枝の頂芽も半分以上凍死をまぬかれている。

2年生ドイツトウヒ苗木の主軸の頂芽は5月15日に開舒し，1年生の主軸に着いている芽は平均5月12日に開舒した。

3月7日と3月15日には−20°Cで8時間冷却しても，主軸の頂芽をはじめ苗木の各部に着いている芽の大部分は凍死しない。しかし3月26日には主軸の頂芽の77%は凍死し，苗木の各部に着いている芽の凍死も多くなる。これらの結果から，2年生ドイツトウヒ苗木は主軸の頂芽の開舒する2カ月前3月15日までは−20°Cの低温に耐えられることがわかる。

1年生の主軸に着いている芽のうち，下部の芽はとくに凍死が少なく上部，中部，下部の芽の順に凍死の割合が少なくなる。

枝の頂芽でも，下から出た枝の頂芽ほど凍死しにくく，4月4日に冷却しても，下部の枝の頂芽の59%は生きている。

4. 1年生カラマツ苗木について

カラマツ苗木で行つた実験の結果は第16表である。

3月7日には−20°Cで8時間冷却しても，主軸の頂芽も主軸に着いている芽もほとんど凍死しない。3月15日でも主軸の頂芽の凍死は僅か10%である。しかし3月26日には

第16表 1年生カラマツ苗木の凍害状態 (−20°C)

処理日	主軸の頂芽							その他の芽						
	供試数	生		*不完全凍死		凍死		供試数	生		*不完全凍死		凍死	
		個数	%	個数	%	個数	%		個数	%	個数	%	個数	%
3月7日	30	29	97			1	3	195	188	96			7	4
3月15日	30	27	90			3	10	198	187	94			11	6
3月26日	30	10	33	4	13	16	53	155	119	77	10	6	26	17
4月4日	30	3	10	13	43	14	47	169	42	25	79	47	48	28

* 不完全凍死　芽の開舒が異常なものを不完全凍死とした。不完全凍死した芽からは紫色をおびた4, 5葉の肉厚か或はちぢれた葉が出るが殆んど伸びず，葉の長さも短い。

主軸の頂芽の2/3は凍害を受け，53%は凍死する。主軸の頂芽以外の芽はこのときでも77%が凍害を受けない。4月4日には凍害を受けない主軸の頂芽は僅か10%である。主軸に着いている芽の凍害も多くなるが，それでも主軸の頂芽よりかなり凍害が少ない。

なお，主軸の下のほうに着いていた芽は，3 cm の厚さにかけたもみがらの下になつていたので，これらの芽は実験結果から除いた。

カラマツ苗木の主軸の頂芽は4月27日に開舒し，主軸に着いている芽はこれより早く4月23日に開舒した。それ故カラマツ苗木は主軸の頂芽の開舒する約40日前，3月15日までは −20°C の低温に耐えられることがわかる。

III. −10°C で行つた実験

1. 2年生トドマツ苗木について

4月5日 −10°C で8時間冷却した結果は第17表である。

第17表 2年生トドマツ苗木の凍死状態 (4月5日，−10°C)

芽の位置			供試数	生		凍死	
				個数	%	個数	%
1年生の主軸	頂芽		30	8	27	22	73
	尖端		34	7	21	27	79
	上部		21	8	38	13	62
	中部		38	13	34	25	66
	下部		27	17	63	10	37
枝の位置	上部	頂芽	26	1	4	25	96
		其他	22	5	23	17	77
	中部	頂芽	8			8	100
		其他	8	1	13	7	87
	下部	頂芽	15	9	60	6	40
		其他	5	5	100		

主軸の頂芽の73%は凍死する。尖端の芽は主軸の頂芽よりいくらか凍死が多い。尖端，中部，上部，下部の芽の順に凍死が少なくなつている。

下部の枝の頂芽の60%は凍死をまぬかれるが，中部の枝の頂芽は全部，上部の枝の頂芽は96%凍死する。

芽が1個も開舒しない苗木7本中4本は6月中旬までに枯死した。

4月15日に行つた実験では，1年生の主軸に着いていた下部の芽24個中8個，下部の枝の頂芽14個中3個が凍死をまぬかれただけで，他の芽はすべて凍死した。

芽が1個も開舒しない苗木25本中23本は6月中旬までに枯死した。

4月25日に行つた実験では，主軸の頂芽30個中1個が凍死をまぬかれ，他は殆んど全部凍死した。

芽が1個も開舒しない苗木23本は全部6月中旬までに枯死した。

以上の結果から，2年生トドマツ苗木は主軸の頂芽が開舒する約40日前4月5日にはすでに−10°Cの低温にたえられないことを知る。

2. 3年生アカエゾマツ苗木について

4月5日−10°Cで8時間冷却した結果は第18表である。

第18表 3年生アカエゾマツ苗木の凍死状態 (4月5日，−10°C)

芽の位置			供試数	生		凍死	
				個数	%	個数	%
1年生の主軸	頂芽		30	11	37	19	63
	尖端		30	14	47	16	53
	上部		48	17	35	31	65
	中部		70	32	46	38	54
	下部		77	40	52	37	48
枝の位置	上部	頂芽	60	25	42	35	58
		其他	152	79	52	73	48
	中部	頂芽	115	56	48	59	52
		其他	343	172	50	171	50
	下部	頂芽	84	45	54	39	46
		其他	361	173	48	188	52

4月5日でも主軸の頂芽の63%は凍死する。尖端の芽は主軸の頂芽より10%凍死が少ない。

枝の頂芽は，下から出た枝の頂芽ほど凍死が少ない。頂芽以外の芽は反対に，ちがいは僅かだが上のものほど凍死が少ない。

芽が1個も開舒しない苗木6本は6月中旬までに全部枯死した。

4月15日に行つた実験の結果は第19表である。

主軸の頂芽の2/3は凍死する。尖端の芽はこれよりいくらか凍死しやすい。中部の芽と下部の芽の凍死は47%である。

尖端の芽は別とし，1年生の主軸に着いている芽の凍死は4月5日の実験とあまりち

第19表 3年生アカエゾマツ苗木の凍死状態 (4月15日，−10°C)

芽の位置			供試数	生		凍死	
				個数	%	個数	%
1年生の主軸	頂芽		30	10	33	20	67
	尖端		25	7	28	18	72
	上部		65	21	32	44	68
	中部		59	31	53	28	47
	下部		75	40	53	35	47
枝の位置	上部	頂芽	76	20	26	56	74
		其他	218	82	38	136	62
	中部	頂芽	126	41	33	85	67
		其他	456	158	35	298	65
	下部	頂芽	92	27	29	65	71
		其他	386	125	32	261	68

第20表 3年生アカエゾマツ苗木の凍死状態 (4月25日，−10°C)

芽の位置			供試数	生		凍死	
				個数	%	個数	%
1年生の主軸	頂芽		30	5	17	25	83
	尖端		32	5	16	27	84
	上部		71	5	7	66	93
	中部		84	12	14	72	86
	下部		87	45	52	42	48
枝の位置	上部	頂芽	99	26	26	73	74
		其他	302	112	37	190	63
	中部	頂芽	126	49	39	77	61
		其他	553	235	42	318	58
	下部	頂芽	98	38	39	60	61
		其他	437	187	43	250	57

がわないにもかかわらず，枝の頂芽の凍死はこれよりかなり多く，70% 前後凍死する。頂芽以外の芽は枝の頂芽より凍死しにくく，また，上部の枝に着いている芽ほど凍死が少ない。

芽が1個も開舒しなかつた苗木5本は6月中旬までに枯死した。

4月25日の実験の結果は第20表である。

主軸の頂芽が開舒する約20日前になると凍死が多くなる。主軸の頂芽の83% は凍死し，尖端，上部，中部の芽はこれより凍死が多い。ただ下部の芽だけ半数以上生きている。

枝の頂芽や枝に着いている芽は10日前の実験の結果より，かえつていくらか凍死が少ないようである。これらの芽も下の枝ほど凍死が少ない。

芽が1個も開舒しなかつた苗木3本は6月中旬までに枯死した。

これらの3つの実験の結果から，3年生アカエゾマツ苗木は主軸の頂芽の開舒する40日よりすこし前から，−10℃の低温にたえられなくなることがわかる。

主軸の尖端の芽と上部の芽は頂芽よりいくらか凍死しやすいようである。しかし下部の芽は4月25日の実験でも半数以上生きている。

枝の頂芽は下部の枝ほど凍死しにくい傾向がある。4月25日の実験は4月15日にくらべて，主軸の頂芽や1年生の主軸に着いている芽の凍死が多かつたにもかかわらず，上部の枝を除くと，枝の芽の凍死はかえつて少ない。これはこの実験に用いた苗木に，芽が1個も開舒しなかつた苗木の少なかつたことが，一つの原因と考えられる。

アカエゾマツ苗木の芽が全部死んで苗木全体が枯死することは，−10℃で行つた実験では少なく，また，苗木を冷却した時期のおそいもののほうがかえつて枯死本数が少ないことなどから，苗木の枯死は苗木を冷却した結果と考えるより，越冬期間中に何等かの被害を受けた結果と考えるほうがよさそうである。

3. 2年生ドイツトウヒ苗木について

4月5日 −10℃で8時間冷却した結果は第21表である。

主軸の頂芽の開舒する40日前，4月5日に，−10℃の低温で主軸の頂芽の70% は凍死する。1年生の主軸の下部に着いている芽ほど凍死しにくく，その凍死は僅か23% である。

中部と下部の枝の頂芽の凍死も少ない。

芽が1個も開舒しなかつた苗木2本と，下部の芽1個だけ生きていた苗木1本は6月中旬までに枯死した。

4月15日に行つた実験の結果は第22表である。

4月15日には主軸の頂芽の87% が凍死する。上部，中部の芽，中部の枝の頂芽の凍死も多くなる。下部の芽と下部の枝の頂芽の凍死は少ない。

第21表 2年生ドイツトウヒ苗木の凍死状態 (4月5日, −10℃)

芽の位置			供試数	生 個数	生 %	凍死 個数	凍死 %
1年生の主軸	頂芽		30	9	30	21	70
	尖端		5	1	20	4	80
	上部		36	12	33	24	67
	中部		26	16	62	10	38
	下部		22	17	77	5	23
枝の位置	中部	頂芽	7	4	57	3	43
		其他	1	1	100		
	下部	頂芽	14	10	71	4	29
		其他	2	2	100		

第22表 2年生ドイツトウヒ苗木の凍死状態 (4月15日, −10℃)

芽の位置			供試数	生 個数	生 %	凍死 個数	凍死 %
1年生の主軸	頂芽		30	4	13	26	87
	尖端		1			1	100
	上部		37	9	24	28	76
	中部		37	13	35	24	65
	下部		41	28	68	13	32
枝の位置	上部	頂芽	1			1	100
		其他	1	1	100		
	中部	頂芽	14	4	29	10	71
		其他	2	2	100		
	下部	頂芽	15	12	80	3	20
		其他	1	1	100		

第23表 2年生ドイツトウヒ苗木の凍死状態 (4月25日, −10℃)

芽の位置			供試数	生 個数	生 %	凍死 個数	凍死 %
1年生の主軸	頂芽		30	2	7	28	93
	尖端		3			3	100
	上部		41	5	12	36	88
	中部		38	9	24	29	76
	下部		26	12	46	14	54
枝の位置	中部	頂芽	6	2	33	4	67
	下部	頂芽	15	7	47	8	53
		其他	1	1	100		

芽が1個も開舒しなかつた苗木6本は6月中旬までに全部枯死した。

4月25日に行つた実験の結果は第23表である。

主軸の頂芽の凍死28個中1個は不完全凍死で，開舒して葉が出たが，中心即ち主軸となる部分は褐色を呈し凍死していた。

1年生の主軸に着いている芽も枝の頂芽も下に着いているものほど凍死しにくい。

芽が1個も開舒しなかつた苗木9本中7本は6月中旬までに枯死した。

4月5日に −10°C で8時間冷却した2年生ドイツトウヒ苗木の主軸の頂芽は70%凍死した。それゆえ主軸の頂芽は，これが開舒する40日以前に凍死しはじめることを知る。

1年生の主軸に着いている芽や枝の頂芽は，下に着いているものほど凍死しにくい。下部の芽や下部の枝の頂芽の凍死は少ない。

4. 1年生カラマツ苗木について

カラマツ苗木で行つた実験の結果は第24表である。

第24表 1年生カラマツ苗木の凍害状態 (−10°C)

処理日	主軸の頂芽							其他の芽						
	供試数	生		*不完全凍死		凍死		供試数	生		*不完全凍死		凍死	
		個数	%	個数	%	個数	%		個数	%	個数	%	個数	%
4月5日	30	15	50	4	13	11	37	177	131	74	12	7	34	19
4月15日	30	7	23	4	13	19	63	168	49	29	71	42	48	29
4月25日	30	1	3	1	3	28	93	184	11	6	3	2	170	92

* 不完全凍死　芽の開舒が異常なものを不完全凍死とした。不完全凍死した芽からは紫色をおびた4, 5葉の肉厚か或はちぢれた葉が出るが殆んど伸びず，葉の長さも短い。

カラマツ苗木は主軸の頂芽の開舒する約20日前4月5日に −10°C で8時間冷却しても，主軸の頂芽の半数は生きている。しかし4月15日には主軸の頂芽の77%は凍害を受け，63%は凍死する。凍死が高率な4月25日の実験に用いた苗木は芽の開舒していたものが多く，主軸の頂芽は30個中11個，主軸に着いていた芽は186個中138個が開舒していた。凍死をまぬかれた主軸の頂芽1個はそのとき開舒していなかつた。これらの開舒した主軸の頂芽と主軸に着いていた芽は4月25日の実験で全部凍死したが，主軸の頂芽のうち3個，主軸に着いていた芽のうち84個が，5月中旬まで4, 5葉のちぢれた葉を出した。

主軸に着いている芽は主軸の頂芽より凍害を受けにくい。

IV. −5°C で行つた実験

1. 3年生トドマツ苗木について

4月18日 −5°C で2時間冷却後，すぐ常温に戻した標準区の苗木の主軸の頂芽は30個中僅か1個が凍死しただけである。また1年生の主軸に着いている尖端の芽と上部の枝

の頂芽だけ10%以上の凍死を示したが，その他の芽は殆んど凍死しない。

4月23日 −5℃で2時間冷却した標準区の苗木は，主軸の頂芽が10%凍死するだけである。尖端の芽は8%，上部の枝の頂芽は9%凍死するだけで，その他の芽は殆んど凍死しない。

1956年の3年生トドマツ苗木の主軸の頂芽の開舒日は5月13日で，1年生の主軸に着いている芽は平均して5月9日に開舒した。それゆえ3年生トドマツ苗木の芽は，主軸の頂芽の開舒する25日〜20日前では，−5℃で2時間冷却しても殆んど凍死しないことがわかる。

4月28日苗木を冷却後，すぐ常温に戻した標準区と徐々に常温に戻した処理区の苗木の凍死状態及び不定芽発生状態は第25表と第26表である。

第25表 標準区の3年生トドマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態
(4月28日，−5℃，2時間)

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7月14日				8月14日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
	頂芽		30	29	97	1	3	1	100	2	2.0	1	100	2	2.0
一年生の主軸	尖端		39	36	92	3	8	—				—			
	上部		2	2	100										
	中部		24	23	96	1	4	—				—			
	下部		60	57	95	3	5	1	33	1	1.0	1	33	1	1.0
枝の位置	上部	頂芽	24	23	96	1	4	—				—			
		其他	31	31	100										
	中部	頂芽	69	63	91	6	9	—				—			
		其他	86	86	100										
	下部	頂芽	42	40	95	2	5	—				—			
		其他	36	36	100										

標準区のトドマツ苗木の主軸の頂芽は僅か3%しか凍死しない。尖端の芽は8%，中部の枝の頂芽は9%凍死するだけで，その他の芽は殆んど凍死しない。

徐々に常温に戻した処理区では，主軸の頂芽は17%凍死する。尖端の芽，上部の枝の頂芽，下部の枝の頂芽は10%前後凍死するが，その他の芽は殆んど凍死しない。

3年生トドマツ苗木の芽は，主軸の頂芽が開舒する15日前では，まだ−5℃の低温にたえうる。

標準区では，凍死した芽の跡に不定芽を作るのは主軸の頂芽と下部の芽だけであるが，

第 26 表　処理区の 3 年生トドマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態
(4 月 28 日, −5℃, 2 時間)

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7 月 14 日				8 月 14 日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		29	24	83	5	17	4	80	6	1.5	5	100	8	1.6
	尖端		33	29	88	4	12	1	25	2	2.0	3	75	5	1.7
	中部		17	17	100										
	下部		54	53	98	1	2	1	100	1	1.0	1	100	1	1.0
枝の位置	上部	頂芽	45	41	91	4	9	2	50	2	1.0	3	75	3	1.0
		其他	39	39	100										
	中部	頂芽	49	47	96	2	4	1	50	1	1.0	1	50	1	1.0
		其他	70	69	99	1	1	—				—			
	下部	頂芽	14	13	93	1	7	—				—			
		其他	33	33	100										

第 27 表　標準区の 3 年生トドマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態
(5 月 3 日, −5℃, 2 時間)

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7 月 14 日				8 月 14 日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	16	53	14	47	1	7	3	3.0	4	29	8	2.0
	尖端		27	12	44	15	56	—				1	7	1	1.0
	上部		4	3	75	1	25	—				—			
	中部		21	15	71	6	29	—				—			
	下部		48	40	83	8	17	—				—			
枝の位置	上部	頂芽	31	8	26	23	74	—				—			
		其他	44	30	68	14	32	—				—			
	中部	頂芽	44	32	73	12	27	—				—			
		其他	53	49	92	4	8	—				—			
	下部	頂芽	34	30	88	4	12	2	50	2	1.0	2	50	2	1.0
		其他	69	68	99	1	1	—				—			

処理区では，各々1個づつ凍死した中部の枝に着いている芽と下部の枝の頂芽とが不定芽を作らないだけである。

5月3日に冷却した標準区と処理区の苗木の凍死状態及び不定芽発生状態は第27表と第28表である。

主軸の頂芽の開舒する10日前5月3日には，標準区の苗木の主軸の頂芽の約半数は凍死する。尖端の芽は半数以上凍死する。1年生の主軸に着いている芽，枝の頂芽，枝に着いている芽などは下のものほど凍死しにくい。上部の枝の頂芽の約3/4は凍死する。

徐々に常温に戻した処理区では，5月3日でも凍死が少なく，主軸の頂芽は17%凍死するだけである。30%以上凍死した芽は尖端の芽，上部の枝の頂芽，中部の枝の頂芽だけである。

すぐ常温に戻した標準区では，凍死した主軸の頂芽14個中僅か4個が不定芽を作つただけである。そのほか尖端の芽1個，下部の枝の頂芽2個が不定芽を作つたにすぎない。

徐々に常温に戻した処理区では，凍死した主軸の頂芽5個が全部平均2.2個づつ不定芽を作る。そのほか数は少ないが，下部の芽，上部，中部，下部の枝の頂芽の凍死した跡に不定芽が作られる。

5月8日に冷却した標準区と処理区の苗木の凍死状態及び不定芽発生状態は第29表と第30表である。

主軸の頂芽の開舒の5日前5月8日には，標準区の苗木の主軸の頂芽が半数以上凍死

第28表　処理区の3年生トドマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態
(5月3日，−5°C，2時間)

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7月14日				8月14日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	25	83	5	17	5	100	11	2.2	5	100	11	2.2
	尖端		27	18	67	9	33	—				—			
	中部		24	22	92	2	8	—							
	下部		63	61	97	2	3	—				1	50	1	1.0
枝の位置	上部	頂芽	33	22	67	11	33	1	9	4	4.0	1	9	4	4.0
		其他	45	36	80	9	20	—				—			
	中部	頂芽	57	39	69	18	31	2	11	3	1.5	5	28	8	1.6
		其他	56	50	89	6	11	—				—			
	下部	頂芽	30	26	87	4	13	1	25	2	2.0	1	25	2	2.0
		其他	54	54	100										

第29表　標準区の3年生トドマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態
（5月8日，−5°C，2時間）

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7月14日				8月14日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	14	47	16	53	4	25	8	2.0	6	38	12	2.0
	尖端		36	19	53	17	47	—				1	6	1	1.0
	上部		3	3	100										
	中部		20	18	90	2	10	—				—			
	下部		50	50	100										
枝の位置	上部	頂芽	22	2	9	20	91	2	10	3	1.5	3	15	4	1.3
		其他	35	20	57	15	43	—				—			
	中部	頂芽	66	32	48	34	52	—				—			
		其他	49	38	78	11	22	—				—			
	下部	頂芽	44	26	59	18	41	—				—			
		其他	50	43	86	7	14	—				—			

第30表　処理区の3年生トドマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態
（5月8日，−5°C，2時間）

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7月14日				8月14日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	18	60	12	40	7	58	11	1.6	11	92	22	2.0
	尖端		41	21	51	20	49	1	5	2	2.0	2	10	3	1.5
	上部		1	1	100										
	中部		12	10	83	2	17	—				—			
	下部		42	39	93	3	7	—				—			
枝の位置	上部	頂芽	30	8	27	22	73	3	14	4	1.3	4	18	6	1.5
		其他	41	21	51	20	49	1	5	1	1.0	1	5	1	1.0
	中部	頂芽	52	23	44	29	56	2	7	3	1.5	3	10	4	1.3
		其他	62	56	90	6	10	—				—			
	下部	頂芽	47	35	74	12	26	2	17	4	2.0	2	17	4	2.0
		其他	34	28	78	6	22	—				—			

する。しかし，1年生の主軸に着いている芽は，尖端の芽以外殆んど凍死しない。上部の枝の頂芽は91%凍死するが，下部の枝の頂芽の凍死は41%である。枝に着いている芽も下の枝ほど凍死が少ない。

除々に常温に戻した処理区では，主軸の頂芽は40%しか凍死しない。中部，下部の芽の凍死は少ない。上部の枝の頂芽は凍死が多く，27%生きているだけだが，それでも標準区とくらべるとはるかによい。下部の枝の頂芽の凍死は少ない。

この実験の時までに標準区の苗木の主軸の頂芽は1個も開舒しなかつたが，1年生の主軸に着いている芽は，109個中48個が開舒した。処理区の主軸の頂芽も全く開舒しなかつたが，1年生の主軸に着いている芽は，96個中39個開舒した。

苗木を冷却後すぐ常温に戻した標準区では，凍死した主軸の頂芽16個中6個が不定芽を作るだけであるが，徐々に常温に戻した処理区では，12個中11個が不定芽を作る。

また，標準区では，主軸の頂芽以外の芽のうち，尖端の芽と上部の枝の頂芽が不定芽を作るだけである。処理区では，尖端の芽と上部，中部，下部の枝の頂芽と上部の枝に着いている芽にも不定芽が作られ，不定芽を作る凍死芽の割合も標準区より多い。

3年生トドマツ苗木は主軸の頂芽の開舒する15日前まで，−5°C，2時間の冷却にたえることが出来る。しかし10日前には，主軸の頂芽の凍死が多くなる。この時期でも，苗木を冷却後徐々に常温に戻すと，主軸の頂芽の凍死は僅か17%である。主軸の頂芽の開舒する5日前5月8日には，苗木を冷却後すぐ常温に戻した標準区の苗木の主軸の頂芽は半数以上凍死するが，徐々に常温に戻した処理区は標準区より13%も凍死が少ない。

1年生の主軸の尖端の芽と上部の枝の頂芽は主軸の頂芽より凍死しやすい。

1年生の主軸に着いている芽，枝の頂芽，枝に着いている芽は下のものほど凍死しにくい。

また，標準区と処理区の芽の凍死をくらべると，苗木の上のほうにある主軸の頂芽，尖端の芽，上部の枝の頂芽などでは，処理区は標準区より凍死がはるかに少ない。即ち徐々に常温に戻す効果があらわれている。しかし，これら以外の芽では，徐々に常温に戻す効果はあまりはつきりしない。

不定芽の発生には徐々に常温に戻す効果が著しい。即ち処理区は標準区より著しく不定芽を作りやすい。

不定芽は主軸の頂芽の凍死跡に最も作られやすく，平均2個ずつ作られる。ついで尖端の芽や上部の枝の頂芽に作られやすいが，主軸の頂芽とくらべると著しく劣り，不定芽の数も1個が多い。中部，下部の枝の頂芽にもいくらか作られるが，そのほかの芽には殆んど作られない。

2. 3年生エゾマツ苗木について

5月21日 −5°C で2時間冷却後すぐ常温に戻した標準区も，徐々に常温に戻した処理区も，芽は殆んど全部生きていた。凍死芽は1年生の主軸の上部，中部の芽に1個ずつある程度である。

3年生エゾマツ苗木の主軸の頂芽は5月6日，1年生の主軸に着いている芽は平均して5月3日に開舒した。それゆえ，3年生エゾマツ苗木の芽は主軸の頂芽の開舒する15日前までは，−5°C の低温に十分たえられることがわかる。

4月24日に冷却した標準区と処理区の苗木の凍死状態及び不定芽発生状態は第31表と第32表である。

主軸の頂芽の開舒する12日前には，3年生エゾマツ苗木の芽の凍死は少ない。

標準区の苗木の主軸の頂芽は90% 生きている。10% 以上凍死するのは，下部の芽と，中部の枝の頂芽，下部の枝に着いている芽だけである。

処理区では，主軸の頂芽が14% 凍死する。しかしそのほか10% 以上凍死するのは，中部の芽と下部の芽だけである。

処理区には4月24日までに枯死した苗木が2本あつた。

標準区は処理区より主軸の頂芽の不定芽の発生割合が多いが，そのほかの芽では少ないようである。

第31表 標準区の3年生エゾマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態
(4月24日，−5°C，2時間)

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7月16日				8月16日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	27	90	3	10	1	33	3	3.0	2	67	6	3.0
	尖端		14	14	100										
	上部		58	53	91	5	9	1	20	1	1.0	1	20	2	2.0
	中部		53	51	96	2	4	—				—			
	下部		44	37	84	7	16	—				1	14	1	1.0
枝の位置	上部	頂芽	2	2	100										
		其他	6	6	100										
	中部	頂芽	31	28	90	3	10	1	33	2	2.0	2	67	4	2.0
		其他	28	27	96	1	4	—				—			
	下部	頂芽	45	43	96	2	4	—				—			
		其他	15	13	87	2	13	—				—			

第 32 表　処理区の 3 年生エゾマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態

(4 月 24 日，−5°C，2 時間)

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7 月 16 日				8 月 16 日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		28	24	86	4	14	1	25	1	1.0	1	25	1	1.0
	尖端		23	22	96	1	4	—				—			
	上部		28	26	92	2	8	—				1	50	2	2.0
	中部		36	31	86	5	14	—				1	20	1	1.0
	下部		29	24	83	5	17	—				3	60	3	1.0
枝の位置	上部	頂芽	1	1	100										
		其他	3	3	100										
	中部	頂芽	29	27	93	2	7	1	50	1	1.0	1	50	2	2.0
		其他	47	44	94	3	6	—				—			
	下部	頂芽	32	31	97	1	3	—				—			
		其他	11	11	100										

第 33 表　標準区の 3 年生エゾマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態

(4 月 27 日，−5°C，2 時間)

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7 月 16 日				8 月 16 日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	24	80	6	20	3	50	5	1.7	4	67	10	2.5
	尖端		29	23	79	6	21	2	33	4	2.0	4	67	7	1.8
	上部		58	51	88	7	12	1	14	1	1.0	3	43	6	2.0
	中部		71	65	92	6	8	2	33	2	1.0	3	50	3	1.0
	下部		48	38	79	10	21	—				3	30	3	1.0
枝の位置	中部	頂芽	48	43	90	5	10	1	20	1	1.0	2	40	2	1.0
		其他	59	53	90	6	10	—				2	33	2	1.0
	下部	頂芽	40	37	93	3	8	—				—			
		其他	11	10	91	1	9	—				1	100	2	2.0

5月27日に冷却した標準区と処理区の苗木の凍死状態及び不定芽発生状態は第33表と第34表である。

標準区の苗木の主軸の頂芽は20%しか凍死しない。最も凍死の多い尖端の芽と下部の芽でも79%は生きている。

処理区の苗木の主軸の頂芽は標準区より10%凍死が多い。尖端の芽と下部の芽以外の芽も，僅かであるが標準区より凍死が多い。

苗木を冷却後すぐ常温に戻した標準区でも，下部の枝の頂芽以外は全部不定芽を作つたが，徐々に常温に戻した処理区では，標準区より不定芽発生の割合多く，不定芽を作つた凍死芽1個当りの不定芽数も多い。処理区では，主軸の頂芽は平均3個，下部の芽以外の芽は平均2個またはそれ以上不定芽を作る。

5月30日に冷却した標準区と処理区の苗木の凍死状態及び不定芽発生状態は第35表と第36表である。

主軸の頂芽が開舒する6日前には，標準区の苗木の主軸の頂芽は半数凍死する。尖端の芽も45%凍死するが，上部の芽と中部の芽とは凍死が少ない。枝の頂芽も下の枝の頂芽ほど凍死が少ない。上部の枝の頂芽は43%凍死する。

処理区の主軸の頂芽は標準区より3%凍死が多い。1年生の主軸に着いている芽や枝の頂芽，枝に着いている芽の凍死の割合は，標準区のそれより多かつたり少なかつたりして，平均するとそれほど差がない。

第34表　処理区の3年生エゾマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態
(4月27日，−5°C，2時間)

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7月16日				8月16日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	21	70	9	30	7	78	20	2.9	8	89	25	3.1
	尖端		21	20	95	1	5	—				1	100	2	2.0
	上部		37	31	84	6	16	2	33	4	2.0	5	83	10	2.0
	中部		72	63	88	9	13	3	33	4	1.3	5	56	9	1.8
	下部		46	38	83	8	17	—				3	38	4	1.3
枝の位置	上部	頂芽	1	1	100										
	中部	頂芽	34	24	71	10	29	6	60	13	2.2	8	80	20	2.5
		其他	53	47	89	6	11	—				2	33	4	2.0
	下部	頂芽	30	25	83	5	17	1	20	2	2.0	4	80	7	1.8
		其他	21	18	86	3	14	—				—			

第35表　標準区の3年生エゾマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態

（4月30日，−5℃，2時間）

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7月16日				8月16日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	15	50	15	50	6	40	8	1.3	7	47	12	1.7
	尖端		20	11	55	9	45	3	33	3	1.0	3	33	3	1.0
	上部		42	37	88	5	12	—				—			
	中部		36	34	94	2	6	—				—			
	下部		56	42	75	14	25	3	10	3	1.0	3	10	4	1.3
枝の位置	上部	頂芽	7	4	57	3	43	1	33	2	2.0	1	33	2	2.0
		其他	22	17	77	5	23	—				—			
	中部	頂芽	54	39	72	15	28	7	47	9	1.3	7	47	9	1.3
		其他	62	56	90	6	10	—				—			
	下部	頂芽	45	34	76	11	24	—				—			
		其他	15	13	87	2	13	—				—			

第36表　処理区の3年生エゾマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態

（4月30日，−5℃，2時間）

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7月16日				8月16日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	14	47	16	53	6	38	12	2.0	8	50	16	2.0
	尖端		34	21	62	13	38	—				1	8	2	2.0
	上部		49	31	63	18	37	6	33	7	1.2	9	50	12	1.3
	中部		60	53	88	7	12	2	29	3	1.5	3	43	4	1.3
	下部		53	33	62	20	38	3	15	3	1.0	7	35	7	1.0
枝の位置	上部	頂芽	8	5	63	3	38	2	67	2	1.0	2	67	3	1.5
		其他	10	8	80	2	20	—				2	100	2	1.0
	中部	頂芽	63	44	70	19	30	10	53	10	1.0	12	63	13	1.1
		其他	53	43	81	10	19	2	20	2	1.0	5	50	5	1.0
	下部	頂芽	65	50	77	15	23	4	27	5	1.3	8	53	9	1.1
		其他	22	17	77	5	23	3	60	3	1.0	3	60	3	1.0

この実験に用いた標準区の苗木の主軸の頂芽は30個中4個開舒していたが，処理区にはなく，1年生の主軸に着いている芽は，標準区では154個中32個，処理区では196個中39個開舒していた。

主軸の頂芽の開舒する6日前に凍死した芽には不定芽は作られにくい。

標準区では，主軸の頂芽，尖端の芽，下部の芽，上部，中部の枝の頂芽の凍死跡に不定芽が作られるだけである。

しかし，徐々に常温に戻した処理区はすぐ常温に戻した標準区より著しく不定芽が作られやすい。尖端の芽の不定芽発生率は僅か8%であるが，中部，下部の芽以外の芽は，凍死した芽の半数以上が不定芽を作る。

3年生エゾマツ苗木の芽は，主軸の頂芽が開舒する9日前になると，いくらか凍死しはじめ，標準区の主軸の頂芽は20%，処理区は30%凍死する。この3日後には，標準区の主軸の頂芽は半数，処理区は53%凍死する。−5℃，2時間の冷却で凍死がはじまるのはこの時期，主軸の頂芽が開舒する6日前頃と考えてよいであろう。

3年生エゾマツ苗木には，徐々に常温に戻す効果が少しも認められず，処理区の苗木の芽の凍死は標準区と同じか或いは却つていくらか多い。

1年生の主軸に着いている芽では，下部の芽を除くと，下に着いている芽ほど凍死しにくい。枝の頂芽や枝に着いている芽にもこの傾向が認められる。

しかし不定芽の発生には，徐々に常温に戻す効果が明らかに認められ，処理区は標準区より不定芽の発生率が高く，不定芽を作つた凍死芽1個当りの不定芽数も多い。

一般に不定芽は主軸の頂芽や尖端の芽，上部の芽，上部の枝の頂芽など，苗木の上のほうに着いている芽に作られやすい。

また，主軸の頂芽の開舒する時期近くに凍死した芽ほど不定芽の発生率は少なくなり，不定芽を作つた凍死芽1個当りの不定芽数も少ない。即ち，4月27日より4月30日に凍死した芽は不定芽の発生率が悪く，不定芽数も少ない。

3. 3年生アカエゾマツ苗木について

4月18日と4月23日に−5℃で2時間冷却した標準区の苗木の芽は殆んど全部生きていた。

3年生アカエゾマツ苗木の主軸の頂芽は5月17日，1年生の主軸に着いている芽は平均5月15日に開舒した。それゆえ3年生アカエゾマツ苗木の芽は，主軸の頂芽の開舒する24日前には，−5℃，2時間の冷却で殆んど凍死しないことになる。

また，5月3日には標準区と処理区を作つて実験したが，標準区，処理区とも，苗木の芽は殆んど全部生きていた。

3年生アカエゾマツ苗木の芽は，主軸の頂芽が開舒する14日前でも，−5℃の低温に

たえられる。

5月9日に冷却した標準区と処理区の苗木の凍死状態，及び不定芽発生状態は第37表と第38表である。

5月9日，主軸の頂芽の開舒する8日前には，標準区の苗木の主軸の頂芽が38%凍死する。1年生の主軸に着いている芽や枝の頂芽，枝に着いている芽などは，芽の着いている位置が下のものほど凍死しにくい。

苗木を冷却後徐々に常温に戻した処理区の芽の凍死は少ない。主軸の頂芽は僅か10%の凍死で，苗木の各部に着いている芽の凍死も殆んど10%以下である。

この実験に用いた標準区の苗木は，主軸の頂芽が2個，1年生の主軸に着いている芽は248個中14個開舒していた。処理区の苗木では，主軸の頂芽が1個，1年生の主軸に着いている芽は231個中13個開舒していた。

標準区の不定芽の発生率は著しく悪く，主軸の頂芽は11個凍死して1個も不定芽を作らず，尖端の芽と中部の芽が各々1個5%ずつ不定芽を作つただけである。

しかし，徐々に常温に戻した処理区では，不定芽は沢山発生する。1個だけ凍死した上部の枝に着いている芽が不定芽を作らなかつただけで，その他の芽は全部不定芽を作り，尖端の芽，上部の芽，枝に着いている芽以外は全部50%以上の不定芽発生率を示している。

5月14日に冷却した標準区と処理区の苗木の凍死状態及び不定芽発生状態は第39表

第37表　標準区の3年生アカエゾマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態
(5月9日，−5℃，2時間)

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7月15日				8月15日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		29	18	62	11	38	—				—			
	尖端		57	37	65	20	35	1	5	1	1.0	1	5	1	1.0
	上部		57	39	68	18	32	—				—			
	中部		79	58	73	21	27	1	5	1	1.0	1	5	1	1.0
	下部		55	47	85	8	15	—				—			
枝の位置	上部	頂芽	6	6	100										
		其他	10	10	100										
	中部	頂芽	101	70	69	31	31	—				—			
		其他	280	212	76	68	24	—				—			
	下部	頂芽	117	104	89	13	11	—				—			
		其他	181	172	95	9	9	—				—			

第 38 表　処理区の 3 年生アカエゾマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態

(5 月 9 日, −5℃, 2 時間)

芽の位置			凍死状態 供試数	生 個数	生 %	凍死 個数	凍死 %	不定芽発生状態 7月15日 不定芽発生凍死芽数	7月15日 %	7月15日 不定芽総数	7月15日 平均不定芽発生数	8月15日 不定芽発生凍死芽数	8月15日 %	8月15日 不定芽総数	8月15日 平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	27	90	3	10	1	33	2	2.0	2	67	5	2.5
	尖端		52	44	85	8	15	—				3	38	5	1.7
	上部		47	43	91	4	9	—				1	25	1	1.0
	中部		73	71	97	2	3	1	50	1	1.0	1	50	1	1.0
	下部		59	55	93	4	7	2	50	2	1.0	2	50	2	1.0
枝の位置	上部	頂芽	1	1	100										
		其他	2	1	50	1	50	—				—			
	中部	頂芽	84	77	92	7	8	2	29	4	2.0	5	71	9	1.8
		其他	130	114	88	16	12	1	6	1	1.0	2	13	2	1.0
	下部	頂芽	117	106	91	11	9	3	27	5	1.7	6	55	9	1.5
		其他	125	121	97	4	3	—				1	25	1	1.0

第 39 表　標準区の 3 年生アカエゾマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態

(5 月 14 日, −5℃, 2 時間)

芽の位置			凍死状態 供試数	生 個数	生 %	凍死 個数	凍死 %	不定芽発生状態 7月15日 不定芽発生凍死芽数	7月15日 %	7月15日 不定芽総数	7月15日 平均不定芽発生数	8月15日 不定芽発生凍死芽数	8月15日 %	8月15日 不定芽総数	8月15日 平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		34	12	35	22	65	1	5	1	1.0	4	18	6	1.5
	尖端		43	22	52	21	48	2	10	2	1.0	2	10	2	1.0
	上部		97	59	61	38	39	5	13	8	1.6	9	24	14	1.6
	中部		150	103	69	47	31	8	17	9	1.1	10	21	14	1.4
	下部		69	63	91	6	9	—				2	33	3	1.5
枝の位置	上部	頂芽	10	2	20	8	80	—				2	25	3	1.5
		其他	34	10	29	24	71	3	13	3	1.0	4	17	4	1.0
	中部	頂芽	174	104	60	70	40	12	17	20	1.7	21	30	28	1.3
		其他	365	256	70	109	30	12	11	12	1.0	16	15	16	1.0
	下部	頂芽	112	95	85	17	15	—				—			
		其他	185	167	90	18	10	1	6	1	1.0	1	6	1	1.0

第40表 処理区の3年生アカエゾマツ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態
(5月14日, −5℃, 2時間)

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7月15日				8月15日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	17	57	13	43	9	69	13	1.4	10	77	20	2.0
	尖端		42	23	55	19	45	7	37	7	1.0	16	84	17	1.1
	上部		48	26	54	22	46	16	73	21	1.3	22	100	32	1.5
	中部		81	48	59	33	41	13	39	15	1.2	28	85	42	1.5
	下部		62	55	89	7	11	2	29	3	1.5	6	86	7	1.2
枝の位置	上部	頂芽	4	1	25	3	75	2	67	2	1.0	3	100	5	1.7
		其他	6	2	33	4	67	—				—			
	中部	頂芽	106	64	60	42	40	13	31	22	1.7	20	48	35	1.8
		其他	181	124	69	57	31	15	26	15	1.0	18	32	19	1.1
	下部	頂芽	115	95	82	20	18	2	10	3	1.5	4	20	6	1.5
		其他	129	119	92	10	8	2	20	2	1.0	2	20	2	1.0

と第40表である。

主軸の頂芽が開舒する3日前には，標準区の苗木の主軸の頂芽は34個中22個，65%凍死する。尖端の芽は主軸の頂芽よりかなり凍死が少なく，約半数が生きている。下部の芽の凍死は僅か9%である。上部の枝の頂芽は80%凍死するが，下部の枝の頂芽の凍死は僅か15%である。

処理区では，主軸の頂芽，尖端の芽，上部の枝の頂芽，この枝に着いている芽など，苗木の上のほうに着いている芽の凍死は標準区より少ないが，このほかの芽の凍死は標準区と同じであるか，またはいくらか多い。

この実験に用いた苗木の主軸の頂芽は，標準区では34個中12個，処理区では30個中11個，1年生の主軸に着いている芽は，標準区では395個中206個，処理区では233個中100個開舒していた。

標準区でも5月9日の結果と異なり，不定芽発生率は低いが，下部の枝の頂芽以外は全部不定芽を作る。主軸の頂芽，上部，中部，下部の芽，上部の枝，中部の枝の頂芽には不定芽を2個ずつ作るものが少しあるだけで，そのほかは1個作るだけである。

処理区では不定芽の発生率高く，中部，下部の枝の頂芽やこれらの枝に着いている芽以外は，大体80%以上の凍死芽が不定芽を作る。不定芽を作つた凍死芽1個当りの不定芽数は，主軸の頂芽では2個，上部，中部の枝の頂芽では2個が多く，上部，中部の芽，下

部の枝の頂芽では1個か2個である。

3年生アカエゾマツ苗木は主軸の頂芽の開舒する8日前には，この芽は38%凍死するが，徐々に常温に戻すと凍死は僅か10%である。主軸の頂芽の開舒する3日間には，標準区の主軸の頂芽の65%は凍死するが，処理区では半数以上生きている。

5月9日に行つた実験では，主軸の頂芽ばかりでなく，尖端，上部の芽，中部の枝の頂芽など，苗木の上のほうに着いている芽には，徐々に常温に戻す効果が著しく，すぐ常温に戻した標準区にくらべて凍死は著しく少なかつた。しかし，5月14日の実験では，主軸の頂芽を徐くと，尖端の芽と上部の枝の頂芽やこの枝に着いている芽の凍死が標準区より少し少ない程度で，徐々に常温に戻す効果はあまりはつきりしない。

徐々に常温に戻すと不定芽が著しく作られやすい。すぐ常温に戻した標準区では，主軸の頂芽の凍死跡に不定芽が作られないこともあるが，処理区では凍死した主軸の頂芽の70%前後は不定芽を作る。

1年生の主軸に着いている芽や枝の頂芽，枝に着いている芽などでも，徐々に常温に戻すと殆んど全部不定芽を作り，不定芽発生率も高い。

不定芽を作つた凍死芽1個当りの不定芽数も，処理区は標準区より多い。

4. 3年生ドイツトウヒ苗木について

4月18日と4月23日に，−5℃で2時間冷却した標準区の苗木の芽は1個も凍死しなかつた。

3年生ドイツトウヒ苗木の主軸の頂芽は5月19日，1年生の主軸に着いている芽は平均して5月17日に開舒する。それゆえ3年生ドイツトウヒ苗木の芽は，主軸の頂芽の開舒する26日前には，−5℃，2時間の冷却では全く凍死しないことになる。

5月4日に冷却した標準区の苗木の主軸の頂芽は5個凍死した。1年生の主軸の上部の芽は76個中8個，11%凍死するが，そのほかの芽の凍死は2〜3%である。枝の頂芽や枝に着いている芽は全く凍死しない。

処理区では，主軸の頂芽30個中1個，尖端の芽は34個中3個，上部の芽は43個中1個凍死しただけで，そのほかの芽は全く凍死しない。

主軸の頂芽の開舒する15日前には，3年生ドイツトウヒ苗木の芽は−5℃の低温にたえられる。

5月9日に冷却した標準区と処理区の苗木の凍死状態及び不定芽発生状態は第41表と第42表である。

主軸の頂芽が開舒する10日前では，まだ芽の凍死は少ない。

標準区の主軸の頂芽でも20%凍死するだけで，尖端の芽の凍死は17%，下部の芽は3%である。中部の枝の頂芽は16%凍死するが，下部の枝の頂芽は全く凍死しない。

第 41 表　標準区の 3 年生ドイツトウヒ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態

(5 月 9 日，−5℃，2 時間)

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7 月 18 日				8 月 18 日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	24	80	6	20	5	83	7	1.4	5	83	9	1.8
	尖端		42	35	83	7	17	—				2	29	2	1.0
	上部		62	55	89	7	11	1	14	1	1.0	2	29	3	1.5
	中部		56	50	89	6	11	—				—			
	下部		73	71	97	2	3	1	50	1	1.0	1	50	1	1.0
枝の位置	上部	頂芽	2	1	50	1	50	—				1	100	2	2.0
		其他	3	2	67	1	33	—				—			
	中部	頂芽	96	81	84	15	16	8	53	11	1.4	9	60	15	1.7
		其他	81	76	94	5	6	—				—			
	下部	頂芽	39	39	100										
		其他	32	30	94	2	6	—				—			

第 42 表　処理区の 3 年生ドイツトウヒ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態

(5 月 9 日，−5℃，2 時間)

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7 月 18 日				8 月 18 日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		29	26	90	3	10	1	33	3	3.0	1	33	3	3.0
	尖端		41	32	80	8	20	—				1	13	2	2.0
	上部		83	73	88	10	12	—				1	10	1	1.0
	中部		95	89	94	6	6	2	33	3	1.5	3	50	5	1.7
	下部		89	88	99	1	1	—				—			
枝の位置	上部	頂芽	3	3	100										
	中部	頂芽	153	153	100										
		其他	276	276	100										
	下部	頂芽	52	52	100										
		其他	39	39	100										

第 43 表　標準区の 3 年生ドイツトウヒ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態
（5 月 14 日，−5°C，2 時間）

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7 月 18 日				8 月 18 日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	20	67	10	33	9	90	9	1.0	9	90	13	1.4
	尖端		28	16	57	12	43	4	33	4	1.0	5	42	5	1.0
	上部		74	53	72	21	28	5	24	5	1.0	16	76	20	1.3
	中部		68	51	75	17	25	7	41	8	1.1	7	41	8	1.1
	下部		74	67	91	7	9	1	14	1	1.0	1	14	1	1.0
枝の位置	中部	頂芽	105	94	89	11	11	3	27	3	1.0	4	36	5	1.3
		其他	154	141	92	13	8	—				—			
	下部	頂芽	44	42	95	2	5	—				—			
		其他	66	58	88	8	12	2	25	2	1.0	2	25	2	1.0

第 44 表　処理区の 3 年生ドイツトウヒ苗木の凍死状態及び不定芽発生状態
（5 月 14 日，−5°C，2 時間）

芽の位置			凍死状態					不定芽発生状態							
				生		凍死		7 月 18 日				8 月 18 日			
			供試数	個数	%	個数	%	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数	不定芽発生凍死芽数	%	不定芽総数	平均不定芽発生数
一年生の主軸	頂芽		30	24	80	6	20	4	67	13	3.3	6	100	15	2.5
	尖端		34	30	88	4	12	1	25	1	1.0	2	50	3	1.5
	上部		98	88	90	10	10	2	20	3	1.5	4	40	7	1.8
	中部		110	104	95	6	5	1	17	1	1.0	3	50	5	1.7
	下部		87	85	98	2	2	1	50	1	1.0	1	50	1	1.0
枝の位置	中部	頂芽	102	100	98	2	2	—				1	50	2	2.0
		其他	234	232	99	2	1	—				—			
	下部	頂芽	69	69	100										
		其他	156	156	100										

処理区の主軸の頂芽の凍死は僅か 10% である。尖端の芽は 20% 凍死するが，そのほかの芽の凍死は少ない。枝の頂芽や枝に着いている芽は全部生きている。

徐々に常温に戻した処理区のほうが，すぐ常温に戻した標準区よりかえつて不定芽の発生率が悪いようである。しかし，不定芽を作つた凍死芽 1 個当りの不定芽数は標準区より多い。

5 月 14 日に冷却した標準区と処理区の苗木の凍死状態及び不定芽発生状態は第 43 表と第 44 表である。

標準区の主軸の頂芽 10 個は凍害を受け，8 個は凍死する。尖端の芽は主軸の頂芽より

凍死が多く，43% 凍死する。1年生の主軸に着いている芽や枝の頂芽は下のものほど凍死しにくい。

処理区の主軸の頂芽の凍死は20% で標準区より少ない。凍死6個中1個は不完全凍死である。1年生の主軸に着いている芽の凍死は標準区より著しく少なく，最も凍死の多い尖端の芽でも12% である。枝の頂芽や枝に着いている芽には凍死が殆んどない。

この実験に用いた苗木の主軸の頂芽は，標準区では30個中3個，処理区では30個中2個，1年生の主軸に着いている芽は，標準区では244個中52個，処理区では329個中68個開舒していた。

不定芽の発生率は5月9日の結果と反対に処理区は標準区よりいくらか高くなつている。標準区でも凍死した芽はかなり不定芽を作るが，凍死芽1個当りの不定芽数は1個が多い。しかし，処理区の主軸の頂芽は2個以上，上部，中部の芽は2個が多く，尖端の芽は2個か1個不定芽を作る。

3年生ドイツトウヒ苗木の主軸の頂芽は，それが開舒する10日前でも，標準区では20%，処理区では10% しか凍死しない。しかし5日前には，標準区では33% 凍害を受け，27% 凍死し，処理区では20% 凍害を受け，17% 凍死する。ただし，この時期でも，枝の頂芽や枝に着いている芽の凍死は少なく，ことに処理区では殆んど凍死しない。

各実験とも，徐々に常温に戻した処理区の苗木の芽は，すぐ常温に戻した標準区より著しく凍死しにくい。

不定芽の発生率は5月9日と5月14日の結果は反対になつているが，不定芽を作つた凍死芽1個当りの不定芽数即ち平均不定芽発生数は処理区のほうが共に標準区より多い。

一般に不定芽は，主軸の頂芽とか尖端や上部の芽など，上のほうに着いている芽に作られやすく，その数も多いようである。枝の芽にもこれと同じ傾向が認められる。

5. 1年生カラマツ苗木について

1年生カラマツ苗木で行つた実験の結果は第45表である。

カラマツ苗木の主軸の頂芽は4月30日，主軸に着いている芽は平均して4月27日に開舒した。

主軸の頂芽は開舒する6日前の4月24日に8個凍害を受け，うち2個凍死するが，徐々に常温に戻した処理区では1個しか凍死しない。主軸の頂芽以外の芽の凍害は標準区，処理区とも主軸の頂芽より少ない。

主軸の頂芽の開舒する3日前でも芽の凍害は少ない。標準区の主軸の頂芽の凍害は僅か17%，処理区はそれより少なく13% である。この時期には，主軸に着いている芽の約半数が開舒していたにもかかわらず，標準区で4%，処理区で3% 凍害を受けるだけである。

第45表　1年生カラマツ苗木の凍害状態　(−5℃, 2時間)

処理日	試験区	主軸の頂芽							其他の芽						
		供試数	生		不完全凍死		凍死		供試数	生		不完全凍死		凍死	
			個数	%	個数	%	個数	%		個数	%	個数	%	個数	%
4月24日	標準区	30	22	73	6	20	2	7	283	262	93	21	7		
	処理区	29	28	97			1	3	277	274	99	3	1		
4月27日	標準区	29	24	83	4	14	1	3	287	275	96	12	4		
	処理区	30	26	87	2	7	2	7	283	274	97	5	2	4	1
4月30日	標準区	30	15	50	15	50			321	263	82	57	18	1	—
	処理区	36	31	86	4	11	1	3	358	346	97	11	3	1	—
5月10日	標準区	30	15	50	9	30	6	20	280	240	86	28	10	12	4
	処理区	30	18	60	11	37	1	3	335	272	81	61	18	2	1

主軸の頂芽の開舒日4月30日には，標準区の頂芽は半数凍害を受けるが，処理区では僅か14%しか凍害を受けない。主軸に着いている芽は主軸の頂芽より著しく凍害が少ない。

5月10日の実験に用いた苗木は，4月18日と4月21日に実験して凍害のなかつた苗木である。

この実験でも，標準区の主軸の頂芽の凍害は4月30日の結果と同じ50%で，ただ凍死する芽が多くなる。この時期には徐々に常温に戻す効果が少なくなり，処理区は標準区より10%凍害が少ないだけである。主軸に着いている芽は処理区のほうがいくらか凍害が多い。

4月24日の苗木の主軸の頂芽は，標準区で1個，処理区で2個，主軸に着いている芽は，標準区で283個中35個，処理区で277個中67個開舒していた。

4月27日の主軸の頂芽は，標準区では13個，処理区で12個，其他の芽は，標準区で287個中154個，処理区で283個中132個開舒していた。

4月30日には，主軸の頂芽は標準区，処理区とも約半数，其他の芽は殆んど全部開舒していた。

5月10日には，主軸の頂芽が標準区で4個，処理区で5個開舒していなかつた。

凍害を受けた芽で不定芽の発生状態を調べたが，カラマツは殆んど不定芽を作らなかつた。

考　　察

−35℃で8時間冷却する前後に，−20℃で16時間ずつ処理したのは，急激な温度の低下によつて起る細胞内凍結や，急激な温度の上昇によつて起る細胞の機械的破壊の危険

をさけるためである。切枝をビニールで包んだのも，温度の急激な低下，上昇を緩和するためである。冷却時間8時間は北海道の厳冬季にあらわれるこの程度の低温の最も長い持続時間と仮定したものである。

なお，−35℃で行つた実験では切枝を用い，これを冷却後水挿して芽を開舒させ，凍死の有無を確めているが，この実験に用いたトドマツ，エゾマツ，アカエゾマツ，ドイツトウヒ，カラマツは挿木の困難な樹種で，とくにアカエゾマツなどは水上げの悪い樹種で，自然状態より不利な結果が出ているかも知れない。しかし大体の傾向はつかめたものと考える。

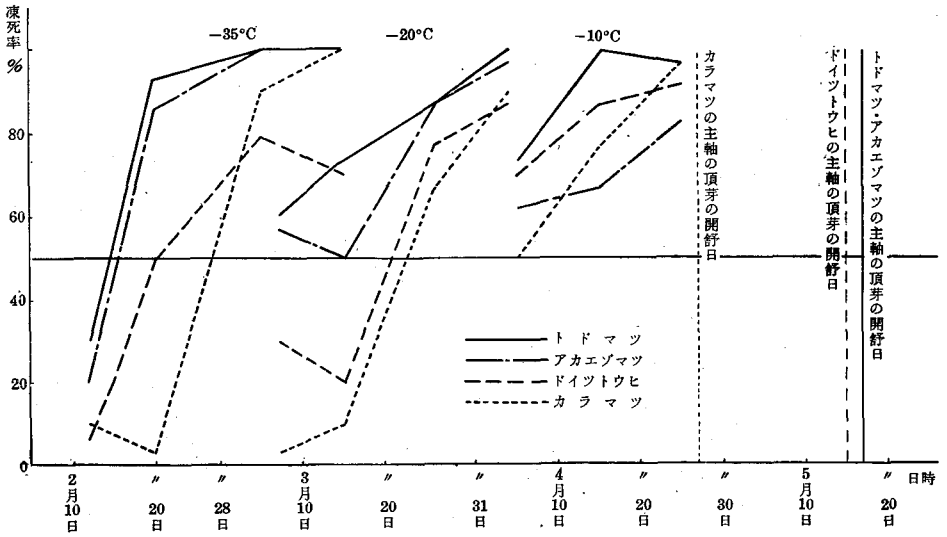
2月12日には，エゾマツを除く4樹種の切枝の芽の凍死は少なく，また2月20日でもドイツトウヒの芽は半数以上，カラマツの芽は殆んど全部生きている。それゆえエゾマツ以外の4樹種の芽は，北海道の最も寒い地方でもめつたにあらわれないと思われる−35℃の低温にたえることがわかる。

この実験は，札幌にある北大農学部附属演習林実験苗圃に生育する各樹種の枝のほかに，カラマツとドイツトウヒは苫小牧演習林の林地から採集した枝をつかつたが，この枝の芽は札幌のものより凍死が少なく，3月5日の実験の結果は，この13日前の2月20日に，札幌の実験苗圃で採集したおなじ樹種の枝で行つた結果とよく似ている。札幌より寒冷な苫小牧地方の林木は，気候に適応してより耐寒性であるか，或いは札幌より10日程度おそい芽の開舒の時期のずれがこのちがいになつたのであろうか。芽の開舒がおそければ，耐寒性低下の時期もそれだけおそくなることは考えられる。

−20℃，−10℃の実験は木鉢に植えた苗木を用いた。3月7日−20℃で8時間冷却した3年生アカエゾマツ苗木と3年生ドイツトウヒ苗木の凍死の割合は，3月15日に行つた実験よりかえつて多い。これは，実験前夜の寒波で，実験に用いるため掘出してあつた木鉢の土壌が強く凍結したためらしい。しかし凍結してない含水率26%の土壌を−10°〜−12℃の低温室に8時間置いても，土壌下2cmの温度は−4℃，5cmの温度は0℃である。それゆえ4月に行つた実験では，苗木の根に及ぼす低温の悪影響をあまり重く考える必要はないと思う。

−35℃で冷却した枝の芽，−20℃，−10℃で冷却した苗木の主軸の頂芽の凍死状態は第1図の如くである。

主軸の頂芽の開舒は苗木ごとにことなり，開舒の早い苗木ほど早く耐寒性がおとろえて凍死が起ると考えられるので，実験に用いた苗木の主軸の頂芽の半数が凍死したときを便宜上芽の凍死がはじまる時期と考えることにする。この考えにたつと，−20℃では，トドマツ苗木は主軸の頂芽の開舒する約70日前，アカエゾマツ苗木は約60日前，ドイツトウヒ苗木は約50日前，カラマツ苗木は約30日前から凍死がはじまる。−10℃では，トド



第 1 図 枝の芽，苗木の主軸の頂芽の凍死状態

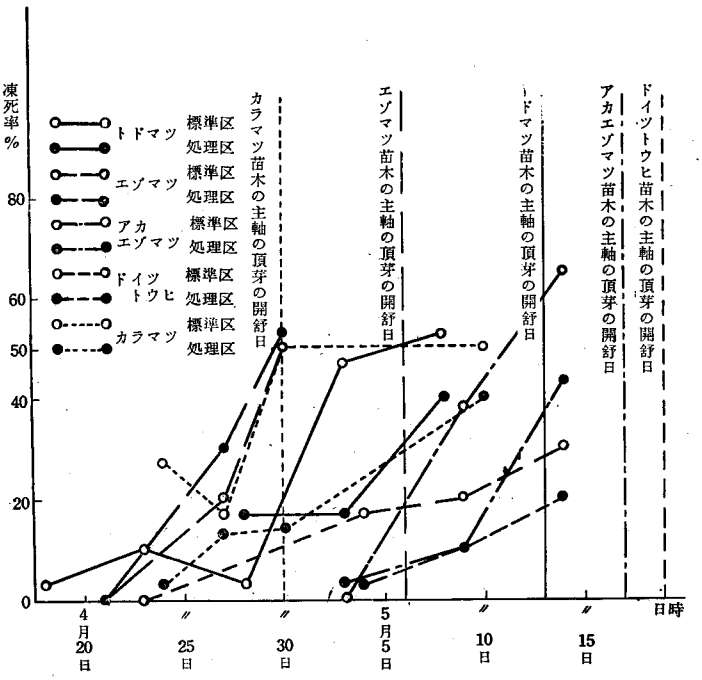
マツ苗木，アカエゾマツ苗木，ドイツトウヒ苗木はいずれも 40 日以前，カラマツ苗木は約 20 日前から凍死がはじまる。

図によると，トドマツ，アカエゾマツ，ドイツトウヒの各苗木の主軸の頂芽は，開舒の 50～60 日前頃から，カラマツ苗木は 40 日前頃から耐寒性が急におとろえることがわかる。3 月 16 日には −20°C の低温で凍死の少ないドイツトウヒ苗木，カラマツ苗木の主軸の頂芽は，21 日後の 4 月 5 日には −10°C でもかなり凍死する。

また，主軸の頂芽の開舒する 40 日も前に，トドマツ，アカエゾマツ，ドイツトウヒの各苗木の主軸の頂芽が −10°C の低温で，凍死することは注意を要する。開舒は 5 月下旬としても，−10°C の低温にあえば 4 月中旬から頂芽は相当高率に凍死することになる。この季節の北海道の林地の地表附近に，−10°C 程度の低温をみるのは少しもめずらしいことではない。したがつて造林地には，いわゆる晩霜害をうける前に相当の凍害をうけることがありうる。

苗木を冷却後徐々に常温に戻すときの有利な効果は，朝日の影響に関する報告で既に述べたが，1956 年の実験も，この効果を確認出来た。

凍死は凍結した氷の急激な融解によつて起る細胞の機械的破壊が主な原因だという説がある。この実験でも，エゾマツ苗木以外は，冷却後徐々に常温に戻せば芽の凍死は少なくなる。また，徐々に常温に戻した苗木は，−5°C，2 時間の冷却で主軸の頂芽が凍死しはじめる時期も 5 日程おくれる。しかし徐々に常温に戻す効果は，主軸の頂芽の開舒する時期に近づくにつれ少なくなる。



第 2 図　主軸の頂芽の凍死状態　(−5℃)

苗木を冷却後すぐ常温に戻すと，−5℃，2時間の冷却で，トドマツ苗木は主軸の頂芽の開舒する10日前，エゾマツは6日前，アカエゾマツは3〜8日前，カラマツは開舒日に頂芽の凍死または凍害が半分から半分以上になる。ドイツトウヒ苗木は，主軸の頂芽の開舒する5日前でも，頂芽の凍害は30%である。

−20℃，−10℃，−5℃で冷却した苗木の芽の凍死状態を見ると，苗木の上部に着いている芽は凍死しやすい。1年生の主軸の尖端の芽と上部の枝の頂芽の凍死率は，主軸の頂芽と似ている。1年生の主軸に着いている芽は，下に着いている芽ほど凍死しにくい。枝の頂芽や枝に着いている芽も，下の枝のものほど凍死しにくい。ただ，−20℃，−10℃で冷却した3年生アカエゾマツ苗木の各部に着いている芽の死にかたが少ない場合は，下部の枝の芽ほど凍死が多い。アカエゾマツ苗木の芽は，冬の間に凍死以外の原因で死ぬものが多いらしく，ことに下枝の芽ほど著しい。−20℃，−10℃の実験は，実験前にこの死んだ芽を除くことがむずかしかつた為，これらの芽も凍死芽の中にかなりあると思われる。開舒が近かつたため，実験前に死んでいる芽を除くことの出来た−5℃の実験では，アカエゾマツ苗木でも下枝の芽ほど凍死が少ない。

苗木の下部に着いている芽ほど凍死しにくく，また，徐々に常温に戻す効果も少ないのは，下の芽ほど冷却しにくく，また，冷却後すぐ硝子室に出しても，上部の芽よりもいくらかゆつくり常温に戻るためであろう。苗木が大きく，枝数も多い3年生ドイツトウヒ

苗木の，下部に着いている芽の凍死が，他の樹種より著しく少ないのはこのためと思う。

アカエゾマツは同じ3年生苗木でも，1957年に−20℃，−10℃の実験に用いた苗木にはかなり上部の枝があるが，1956年の実験に用いた苗木には殆んど上部の枝がない。毎年の気候その他の条件のちがいで，主軸の生長もちがつているが，それとは関係なく，ただ機械的に苗木の高さを3分して上部，中部，下部の枝としたため，このような結果があらわれたのである。

−5℃の実験で凍死した芽の跡に作られる不定芽の発生状態を調べると，5月9日の3年生ドイツトウヒ苗木の結果以外は，徐々に常温に戻すと不定芽の発生率がよくなる。また，不定芽を作つた凍死芽1個当りの不定芽数も多い。同じ苗木でも生長の盛んな主軸の頂芽，1年生の主軸の尖端，上部の芽，上部の枝の頂芽などは，そのほかの芽よりも不定芽を作りやすく，不定芽数も多い。

これらの樹種のうちカラマツ苗木だけは，凍害を受けた芽，凍死した芽の跡に不定芽を殆んど作らなかつた。

摘　　要

−35℃，−20℃，−10℃でそれぞれ8時間，−5℃で2時間冷却し，切断した枝の芽，木鉢にうえた苗木の芽が凍死しはじめる時期を調べた結果は次のとおりである。

1. −35℃で8時間冷却した枝の芽は，トドマツは2月20日前，アカエゾマツも2月20日前，ドイツトウヒは2月20日頃，カラマツは2月20日以後から凍死しはじめる。

2. −20℃で8時間冷却した苗木の主軸の頂芽は，トドマツはそれが開舒する約70日前，アカエゾマツは約60日前，ドイツトウヒは50〜60日前，カラマツは約30日前頃から凍死しはじめる。

3. −10℃で8時間冷却した苗木の主軸の頂芽は，トドマツ，アカエゾマツ，ドイツトウヒともにその開舒の40日前には凍死がはじまつている。カラマツは約20日前頃から凍死しはじめる。

4. −5℃で2時間冷却した苗木の主軸の頂芽は，トドマツはその開舒の10日前，エゾマツは6日前，アカエゾマツは3〜8日前，カラマツは開舒日に凍死しはじめる。ドイツトウヒは開舒5日前でも，頂芽の凍害は30%である。

5. 苗木の下部に着生している芽は，上部に着生している芽より凍死しにくい。

6. 苗木を冷却後徐々に常温に戻すと，苗木の芽の凍死は少なくなる。また，−5℃，2時間の冷却で主軸の頂芽の凍死しはじめる時期も5日程おくれる。ただしエゾマツだけは徐々に常温に戻す効果が認められない。

不定芽の発生状態について調べた結果は次のとおりである。

8. 徐々に常温に戻すと不定芽が作られやすく，不定芽を作つた凍死芽1個当りの不定芽数も多い。エゾマツも例外でない。

9. 主軸の頂芽の凍死跡には最も不定芽が作られやすく，1年生の主軸の尖端の芽，上部の芽，上部の枝の頂芽などは，そのほかの芽より不定芽が作られやすく，不定芽の数も多い。

参 考 文 献

愛 知 県： 凍霜害に関する調査報告書. 1954.

BATES, C. G.: The frost hardiness of geographic strains of Norway pine. Journ. of Forestry, 28, 327～333, 1930.

千 葉 県： 凍霜害防止対策調査成績書. 1954.

CONSTANTINESCU, E.: Weitere Beiträge zur Physiologie der Kälteresistenz bei Wintergetreide. Planta, 21, 304～323, 1933.

DAY, W. R. and PEACE, T. R.: The experimental production and the diagnosis of frost injury on forest trees. Oxford Forestry Memoirs, 16, 1～60, 1934.

DENGLER: Junifrostschäden an der Kiefer. Zeit. für Forst- und Jagdw., 42, 670～674, 1910.

————: Junifrostschäden an der Kiefer. Zeit. für Forst- und Jagdw., 64, 97～99, 1932.

DEXTER, S. T.: Effect of several environmental factors on the hardening of plants. Pl. phy., 8, 123～139, 1933.

————: Salt concentration and reversibility of ice formation as related to the hardiness of winter wheat. Pl. Phy., 9, 601～618, 1934.

————: Growth, organic nitrogen fractions, and buffer capacity in relation to hardiness of plants. Pl. Phy., 10, 149～158, 1935.

DUNN, S.: Factors affecting cold resistance in plants. Pl. Phy., 12, 512～526, 1937.

FUNK, G.: Vergleichende Beobachtungen über Winterfrostschädigungen an Koniferen. Mitt. Deut. Dendrol. Ges, 32, 135～144, 1922.

————: Weitere Beobachtungen über Winterfrostschädigungen an Koniferen. Mitt. Deut. Dendrol. Ges., 35, 293～296, 1925.

HARVEY, R. B.: The hardening process in plants and developments from frost injury. Journ. Agr. Res., 15, 83～113, 1918.

————: Time and temperature factors in hardening plants. Amer. Journ. Bot., 17, 212～217, 1930.

今田敬一： 造林地のとどまつの凍害に関する研究. 北大農学部演習林研究報告, 16巻 2号, 117～174, 1953.

京都府蚕糸茶業課： 昭和28年度茶凍霜害防止対策調査成績. 1954.

MAYER, B. S.: Further studies on cold resistance in evergreens, with special reference to the possible role of bound water. Bot. Gas., 94, 297～321, 1932.

宮城県経済部特産課： 果樹凍霜害防止対策調査成績. 1954.

MÜNCH, E.: Die Knospenentfaltung der Fichte und die Spätfrostgefahr. Allg. Forst- und Jagdzeit., 99, 241～265, 1923.

————: Frostgefährdung wintergrüner Gehölze. Mitt. Deut. Dendrol. Ges., 40, 175～186, 1928.

酒井 昭： 桑の耐凍性及び皮層柔細胞の生理状態の季節的変化. 低温科学, 生物篇, 13, 33～41, 1955.

————： 耐凍性の持続及びそれに及ぼす温度の影響 (I). 低温科学, 生物篇, 14, 1～6, 1956.

酒井　昭：植物における耐凍性増大と外囲温度．低温科学，生物篇，14，7～15，1956.
————：超低温における植物組織の生存．低温科学，生物篇，14，17～23，1956.
田沢　博：霜と霜害．寒地農学，1巻2号，3号，1947.
栃木県：凍霜害に関する調査報告書．1954.
吉井義次：植物凍死と耐寒性の問題．農業及園芸，11巻1号，43～52，1936.

Summary

By cooling for 8 hours at —35°C, above half of buds borne on cut shoots were damaged before 20th February in Todomatsu (*Abies Mayriana*) and Akajezomatsu (*Picea Glehni*), about 20th February in Doitsutōhi (*Picea excelsa*) and after 20th February in Karamatsu (*Larix Kaempferi*).

By cooling for 8 hours at —20°C, above half of terminal buds of tree seedlings are damaged 70 days before the unfolding time of this bud in Todomatsu, 60 days before in Akajezomatsu, 50 to 60 days before in Doitsutōhi and 30 days before in Karamatsu.

By cooling for 8 hours at —10°C, above half of terminal buds of tree seedlings have been damaged 40 days before the unfolding time of this bud in Todomatsu, Akajezomatsu and Doitsutōhi and are damaged 20 days before in Karamatsu.

By cooling for 2 hours at —5°C, above half of terminal buds of tree seedlings are damaged 10 days before the unfolding time of this bud in Todomatsu, 6 days before in Jezomatsu (*Picea jezoensis*), 3 to 8 days before in Akajezomatsu and at the unfolding time of this bud in Karamatsu. In Doitsutōhi, 30% of terminal buds are damaged 5 days before the unfolding time of this bud by this cooling.

The buds of tree seedlings which are gradually exposed to ordinary temperature after cooling are less damaged. The exception is Jezomatsu.

Adventitious bud arises easier and more numerous in the place of damaged buds of tree seedlings which received above noted treatment.