

五葉松類のタネの発芽促進

浅 川 澄 彦⁽¹⁾

わがくにの五葉松類のタネは、いずれも発芽するのにかなりながい月日を要するから、これらのタネをそろえてはやく発芽させるためには、なんらかの前処理をおこなわなければならない。林木のタネの発芽を促進するためにもつとも普通につかわれ、またキキメもおおきい方法は、低温処理をふくめた湿層処理であるが、外国では五葉松類のタネについてもこの方法をもちいた実験が報告されている^{9) 11)}。筆者は、チョウセンマツのタネについてこの方法をもちいた実験結果と、こういう処理のあいだにタネにあらわれた 2, 3 の変化を 2 回にわたり報告し^{1) 2)}、またゴヨウマツ* のタネについての結果も予報として報告した³⁾。ここには、ハイマツをふくめたわがくに五葉松類のタネにたいする湿層処理の効果をとりまとめるとともに、ストロブマツのタネの発芽と温度との関係について、2, 3 の実験結果をつけくわえて報告する。

1. 材 料

チョウセンマツとストロブマツのタネは、北海道空知郡山部村の東京大学農学部附属演習林で、ゴヨウマツのタネは、宮城県刈田郡の白石営林署部内で、またハイマツのタネは、北海道川上郡の弟子屈営林署部内で、それぞれ 1955 年の秋にとられ、その年のうちに調製され研究室におくられてきた。

2. わがくにの五葉松類のタネについての実験

湿層処理の方法

あらかじめ室温で水道水に 48 時間つけたタネを、しめらした水ゴケにつつんで径 13.5 cm または 15 cm のふかいペトリ皿にいれ、処理しているあいだかわかないようにときどき水をくわえながら、きめられた温度条件においた。温度には $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 $15 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 $8 \pm 1^\circ\text{C}$ 、および $2 \pm 1^\circ\text{C}$ をもちい、それぞれの温度におかれた期間（月）を、温度のあとに括弧にいれてしるして処理条件をしめた。処理条件は 9 または 10 とおりであるが、どの区もきめられた処理期間が同時におわるようにした。

発芽試験の方法

湿層処理の場合とおなじように、しめらした水ゴケをもちい、それぞれの区に 200 コのタネをあてた。

実 験 結 果

1956 年 5 月 25 日に同時にはじめられた発芽試験の結果を Fig. 1 にしめす。この図にしめされている発芽率は、処理をおわつて発芽試験にうつしたときの粒数についての実粒発芽率であり、処理しているあいだの発芽数とは関係がない。それで、それぞれの処理方法の総合的なヨシアシをくらべるために Table 1 をつくつた。

*普通にはヒメコマツとよばれているものであるが、ここでは林（林試報 75. (1954) p. 94）にしたがつて「ゴヨウマツ」をもちいた。一名キタゴヨウマツともよばれている。

(1) 造林部造林科種子研究室員

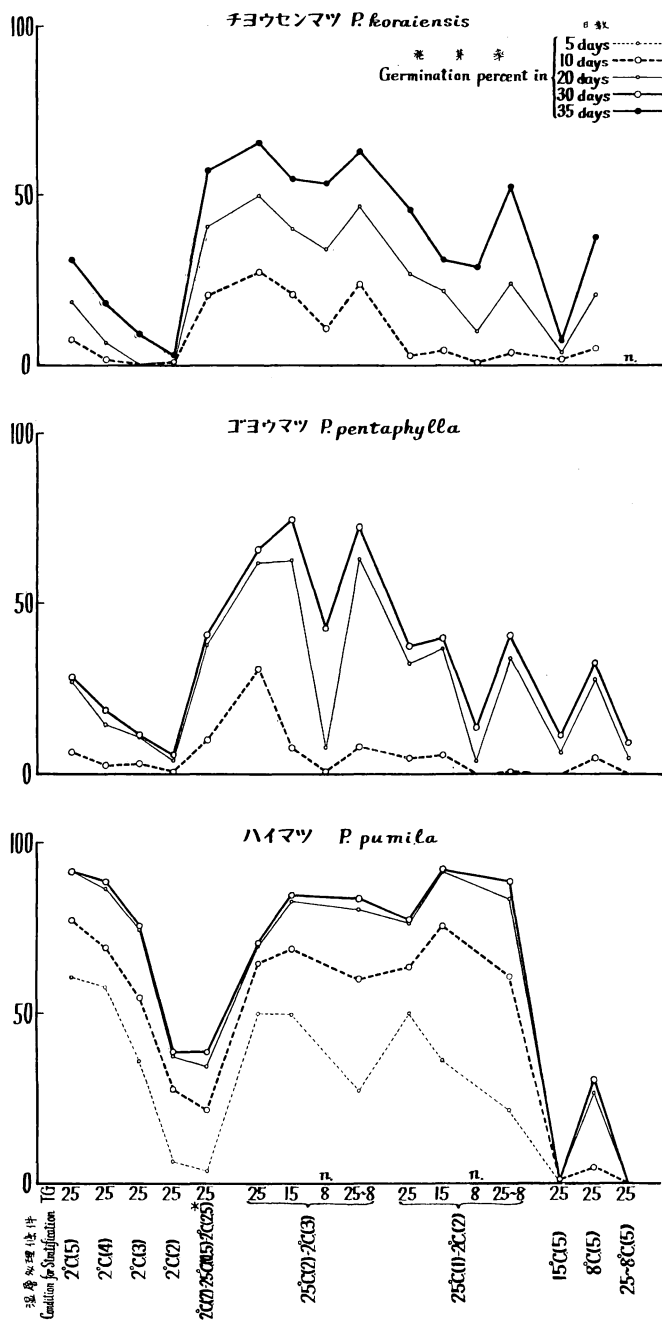


Fig. 1 チヨウセンマツ, ゴヨウマツ, およびハイマツのタネの発芽におよぼす湿層処理の影響
The effect of various stratifications on the germination of *Pinus koraiensis*, *P. pentaphylla*, and *P. pumila* seeds. Ordinates show real germination percent. TG: temperature for germination. In the condition for stratification, parenthesized numbers show the time in months. Stratifying condition for the lot with asteriks of *P. koraiensis* seeds is 2°C. (2)—25°C. (1)—2°C. (2).

Table 1. チョウセンマツ, ゴヨウマツ, およびハイマツのタネの発芽促進試験の総括
Summary of the effect of various stratification on the germination
of *P. koraiensis*, *P. pentaphylla*, and *P. pumila* seeds.

樹種 Species	湿層処理温度(月) Temperature for stratification (Time in months)	処理しているあいだの発芽 Germination during treating (%) (A)	発芽試験結果 Result of germination test				総発芽率 Total germination percent $(A + \frac{100-A}{100} \times B)$
			発芽条件 Temperature for germination (%) (B)	発芽率 Germinating seed (%) (C)	発芽しなかつたよいタネ Remaining seed (%) (R)	くさったタネ Decayed seed (%) (D)	
チョウセンマツ <i>P. koraiensis</i>	2°C (5)	0	25°C	30.4	63.0	6.6	30.4
	2°C (4)	0	25°C	17.8	78.4	3.8	17.8
	2°C (3)	0	25°C	8.7	87.0	4.3	8.7
	2°C (2)	0	25°C	2.7	94.0	3.3	2.7
	2°C (2)–25°C (1)–2°C (2)	5.8	25°C	57.4 (54.1)	33.1 (31.2)	9.5 (8.9)	59.9
	25°C (2)–2°C (3)	0.3	25°C 15°C 8°C 25~8°C	65.6 (65.4) 54.9 53.3 63.0	18.5 (18.4) 40.4 41.7 26.6	15.9 (15.9) 4.7 5.0 10.4	65.7 55.0 53.4 63.1
	25°C (1)–2°C (2)	0.1	25°C 15°C 8°C 25~8°C	45.6 (45.6) 30.6 28.2 52.8	51.8 (51.7) 68.4 71.8 46.2	2.6 (2.6) 1.0 0 1.0	45.7 30.7 28.3 52.8
	15°C (5)	1.0	25°C	7.0 (6.9)	80.7 (79.9)	12.3 (12.2)	7.9
	8°C (5)	0.5	25°C	37.8 (37.6)	55.7 (55.4)	6.5 (6.5)	38.1
ゴヨウマツ <i>P. pentaphylla</i>	2°C (5)	0	25°C	28.1	67.9	4.0	28.1
	2°C (4)	0	25°C	18.5	75.8	5.7	18.5
	2°C (3)	0	25°C	11.2	85.4	3.4	11.2
	2°C (2)	0	25°C	5.3	91.9	2.8	5.3
	2°C (2)–25°C (0.5)–2°C (2.5)	3.3	25°C	40.6 (39.3)	53.5 (51.7)	5.9 (5.7)	42.6
	25°C (2)–2°C (3)	0.9	25°C 15°C 8°C 25~8°C	65.8 (65.2) 74.4 42.4 72.1	9.2 (9.1) 15.5 55.1 16.4	25.0 (24.8) 10.1 2.5 11.5	66.1 74.6 42.9 72.4
	25°C (1)–2°C (2)	0	25°C 15°C 8°C 25~8°C	37.2 39.8 13.5 40.4	55.5 56.7 83.4 46.2	7.3 3.5 3.1 13.4	37.2 39.8 13.5 40.4
	15°C (5)	0.5	25°C	11.1 (11.0)	78.8 (78.4)	10.1 (10.1)	11.5
	8°C (5)	0	25°C	32.5	58.1	9.4	32.5
	25~8°C (5)	0	25°C	9.0	82.4	8.6	9.0

樹種 Species	湿層処理温度(月) Temperature for stratification (Time in months)	処理しているあいだの発芽 Germination during treating (%) (A)	発芽試験結果 Result of germination test				総発芽率 Total germination percent ($A + \frac{100-A}{100} \times B$)
			温度条件 Temperature for germination (%) (B)	発芽率 Germinating seed (%) (R)	発芽しなかつたよいタネ Remaining seed (%) (R)	くさつたタネ Decayed seed (%) (D)	
ハイマツ <i>P. pumila</i>	2°C (5)	32.3	25°C	91.7(62.1)	4.5(3.0)	3.8(2.6)	94.4
	2°C (4)	1.0	25°C	88.7(87.8)	5.7(5.6)	5.6(5.6)	88.8
	2°C (3)	0	25°C	75.6	20.3	4.1	75.6
	2°C (2)	0	25°C	38.6	56.9	4.5	38.6
	2°C(2)-25°C(0.5)-2°C(2.5)	42.6	25°C	38.5(22.1)	32.5(18.7)	29.0(16.6)	64.7
	25°C(2)-2°C(3)	0.5	25°C	70.6(70.2)	3.1(3.1)	26.3(26.2)	70.7
			15°C	84.5	2.0	13.5	84.6
			25~8°C	83.6	1.5	14.9	83.7
	25°C(1)-2°C(2)	0	25°C	77.3	10.1	12.6	77.3
			15°C	92.1	1.6	6.3	92.1
			25~8°C	88.9	4.5	6.6	88.9
	15°C (5)	0.5	25°C	1.0(1.0)	77.5(77.1)	21.5(21.4)	1.5
	8°C (5)	1.5	25°C	30.6(30.1)	61.7(60.8)	7.7(7.6)	31.6
	25~8°C (5)	1.0	25°C	0	80.2	19.8	1.0

注 1. 発芽試験は、チョウセンマツについては35日間、ゴヨウマツ・ハイマツについては30日間おこなつた。

Notes

The period of germination test was 35 days for *P. koraiensis* and 30 days for *P. pentaphylla* and *P. pumila*.

2. すべての百分率は、シイナをのぞいたタネの数にたいする値である。

All the percent is based on the number of filled seeds.

3. 25~8°C は 25°C (8時間)~8°C (16時間) の変温をしめしている。

25~8°C. shows the alternating temperatures of 25°C. (8 hrs.)~8°C. (16 hrs.).

4. () のなかの値は、すぐ左の値に $\frac{100-A}{100}$ をかけたもので、処理をはじめるまえのタネの数にたいする割合をしめしている。

Numerals in () show $B \times \frac{100-A}{100}$, $R \times \frac{100-A}{100}$, or $D \times \frac{100-A}{100}$, which shows the percentage of B, R, or D to original quantity of the seeds.

かんがえられること

タネの発芽を促進するための低温処理については、わがくにでもおおくの研究がおこなわれてきたばかりでなく、実際の苗畑作業にもいろいろな形でとりいれられてきた。しかし、低温で処理するまえにある期間高温におくクミアワセ湿層処理については、研究結果もまつたくなく、したがって実際にも応用された例がなかつたようである。一方外国では、いろいろな樹種のタネにこの方法を応用した結果が報告され⁸⁾、苗畑作業でもかなり一般的につかわれてきたようである¹⁵⁾。わがくにでもちかごろ、柳沢¹⁶⁾が、ト

リマキの時期をのがした場合にこの方法をつかうことができるだろうとのべ、筆者もヤチダモのタネの発芽におよぼす土中埋蔵やトリマキの効果には、秋のはじめの地中温度がおおきなヤクワリをはたしているにちがいないとかんがえ、これをうらづける実験もしめた¹⁾。そして実際戸沢ら¹¹⁾の報告をみても、こういうカンガエカタで説明できる結果がしめされている。このようにして、土中埋蔵やトリマキによる発芽促進の効果が、まずはじめの高温期によつてみちびかれるものとすれば、クミアワセ湿層処理に単純な低温処理よりもおおきな効果を期待するのがあたりまえである。Fig. 1 のチョウセンマツおよびゴヨウマツの結果をみれば、クミアワセ処理が低温処理にくらべてずっとおおきな効果をもっていることがわかる。しかし、ハイマツの場合には事情がことなり、休眠は低温処理だけで十分にやぶられる。またクミアワセ処理についても、チョウセンマツとゴヨウマツでは処理期間がながいほうがよかつたが、ハイマツの場合にはむしろみじかいほうがよい。これらの事実、おなじ五葉松類でも種によつて休眠の程度がことなっていることをしめしている。また低温処理の適温も、チョウセンマツ・ゴヨウマツの場合には 2°C よりも 8°C のほうがいくらかよいが、ハイマツの場合にはあきらかに 2°C のほうがよい。

筆者は、チョウセンマツのタネについてのはじめの報告¹⁾で、[低温—高温—低温]のクミアワセ処理がいちじるしい発芽促進の効果をしめすことをあきらかにしたが、この方法によると、はじめの低温期だけで後熟をおわつたタネが、中間の高温期に発芽して無駄になつた。そこで 2 度目の実験²⁾では、高温期をはじめにおいた場合にはたしてうえの方法とおなじ効果がえられるかどうかをしらべた。その結果、これらの方法のあいだにはほとんどチガイがないことがわかつた。そしてこの 3 度目の実験でも、この点がたしかめられた。

ところで Table 1 をみると、発芽試験をおわるまでにくさつたタネの割合がいろいろな値をしめしているから、発芽促進の効果をくらべる場合には、この点もかんがえあわせなければならない。全体をとおして、クミアワセ湿層処理はくさつたタネの割合をたかくしているが、おなじ処理区でも発芽温度によつてはつきりちがつている。アカマツ・クロマツのタネについての実験³⁾でもこれに似た現象がみられたが、これについては、クミアワセ処理が低温処理よりも発芽促進の効果がおおきく、そのために発芽への過程をすすみすぎたタネが、不利な発芽温度でわるい影響をうけるためであろうとかんがえた。そしてこの場合にも、このカンガエカタで説明できそうにおもわれる。それにしても、このようにくさつたタネの割合をたかくすることはクミアワセ処理の欠点であり、この方法を実地に応用するときには、高温期間のナガサにとくに注意をはらうことが必要で、処理期間をながくとれる場合にも、高温期をあまりながくすることはこのましくない。ただタネがまきつけられるころの苗畑の地表温度は、かなりいちじるしい変温をしめすものとおもわれるから、発芽への過程をすすみすぎたタネにたいしても、それほどわるい影響をあたえることはないだろう。

つぎに発芽適温についてみると、チョウセンマツのタネの適温はわりあいதாக, 25°C でよく発芽するが、ゴヨウマツのタネは 15°C か 25~8°C の変温がよい。ハイマツもだいたいおなじであるが、ゴヨウマツよりもさらにいくらかひくい適温をもっているようにおもわれる。このことは、低温処理の期間がながくなり後熟がすすんだハイマツのタネは、2°C のような低温でさえさかんに発芽しはじめることによつてもわかる。もつともアカマツ・クロマツの研究³⁾でものべたように、発芽のときの温度要求はタネの内的条件の段階によつてかわるものであるから、うえのような温度要求のチガイは、ほんのメヤスをしめしているにすぎない。

おわりにチョウセンマツのタネについての 3 年間の結果^{1) 2)}をくらべてみる。これらはいずれも北海道の東京大学附属演習林でとられたものであるが、1953 年と 1954 年はおなじ数本のオヤ木からとられ、

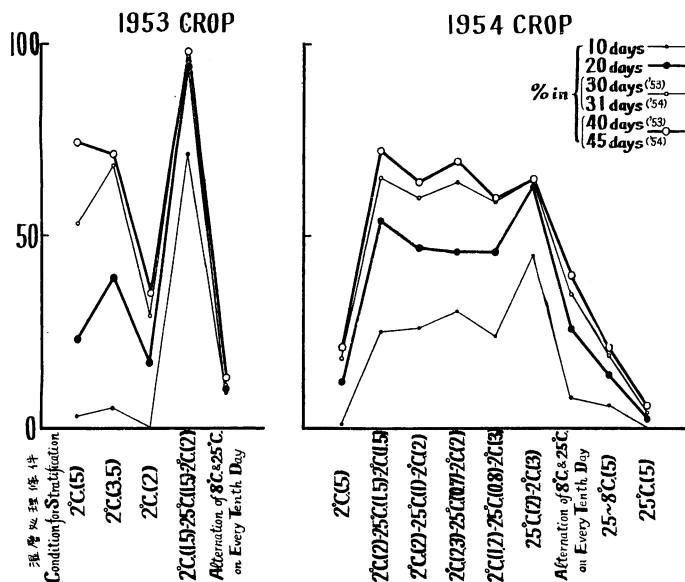


Fig. 2 チョウセンマツの 1953 年と 1954 年のタネによる発芽促進試験の結果

The effect of various stratifications on the germination of 1953 and 1954 crops of *P. koraiensis*. Ordinates show germination percent, which is common to Fig. 3~Fig. 5. Temperature for germination: 25°C.

きには、2°Cの期間をながくすれば、ずつとよい結果を期待することができるだろう。単純な低温処理によるときは、2°Cよりも 8°Cをもちいたほうがよい。なお大量のタネを湿層処理する方法についてはいま研究している。

ハイマツ：2°C（4カ月）の低温湿層処理をもちいることをすすめたい。低温処理の効果がすすむにつれて低温でやすく発芽しはじめるが、この時期はタネによつてちがうであろうから、4カ月目にはいつたら注意ぶかく処理状況をみなければならない。

3. ストローブマツのタネについての実験

ストローブマツのタネの発芽については、すでにいくつかの研究が報告されている。たとえば、このタネだけについてくわしく研究した BALDWIN⁷⁾, KOBLET⁸⁾, および ROHMEDER¹³⁾ のものがあり、ほかにも針葉樹のタネについての研究のなかにひろうことができる⁹⁾。そしてこれらの実験結果が国際種子検査規程¹⁰⁾や Woody Plant Seed Manual¹⁵⁾にとりまとめられている。これらはいずれも発芽温度に 20°C（16時間）~30°C（3時間）の変温をとり、前者にはさらに光が必要であるとかかされている。発芽促進について後者には、10°Cで 30日間あるいは 5°Cで 60日間低温処理するようにかかされており、前者には 2~4週間低温処理するようにかかされている。これについては、わがくにの新妻¹²⁾もほぼおなじような結

1955 年のタネはまつたくちがう林からとられたために、Fig. 2 および Fig. 1 にみられるような効果のチガイが、年によるチガイであるとはいえない。しかしいずれにしても、たとえおなじ前処理方法をもちいても、かならずしもおなじ結果を期待することはできないことがわかる。

すすめられる発芽促進方法

チョウセンマツ・ゴヨウマツ：いずれにもクミアワセ湿層処理をもちいることをすすめたい。処理条件としてはすくなくとも 25°C（2カ月）~2°C（3カ月）を要し、これよりながい期間をかけることができると

果をしめしている。ところで国際種子検査規程および Woody Plant Seed Manual にしめされている発芽試験の日数は、すこしながすぎるようにおもわれる。新妻がしめた結果をみれば、前処理をうけたタネはおよそ2~3週間で発芽しおわるはずであり、ROHMEDER もほとんどおなじ結果を報告している。さて筆者がこの実験をくわだてた目的はつぎの点にあつた。すなわちストロブマツは、わがくに五葉松類のタネよりずつとちいさいタネをつけるが、後者とくらべてはたしてどのような後熟要求をしめすかをしらべるとともに、アカマツ・クロマツのタネであきらかにした前処理と発芽のときの温度条件・光条件との関係⁵⁾をしらべることである。

前処理の方法

寒天末でつくつた0.5%寒天溶液を7.5cmのペトリー皿にそそぎこみ、かたまつてから50粒のタネをならべた。暗黒条件は、タネをならべてからすぐにペトリー皿をあつい黒紙で2重につつむことによつてつくり、前処理はすべて暗黒条件でおこなつた。前処理の温度条件は“n—m”であらわすが、nは25°Cにおいた日数、mは2°Cにおいた日数である。DRTは1955年12月のはじめに研究室におくられてきてから、1956年5月10日まで室温におき、それからはずつと2°Cにおいたものであり、D15、D2は1955年12月のはじめに研究室におくられてきてからずつと15°C、2°Cにおいたものである。そしてこれらのDは、いずれも乾燥状態におかれたことをしめしている。また前処理したタネはすべてDRT区からとりだされた。

実験結果

第1回の実験：前処理は1956年7月16日から10月14日にかけておこない、10月14日から同時に発芽試験をおこなつた。その結果をFig. 3およびFig. 4にしめす。

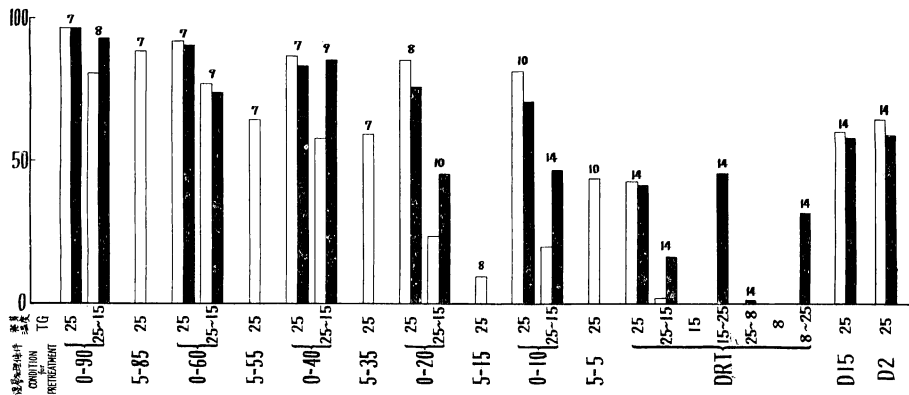


Fig. 3 前処理をうけたストロブマツのタネの発芽におよぼす光と温度の影響

The effect of light and temperature on the germination of pretreated seeds of *P. strobus*. White column: exposure to diffused light for eight hours every day; black column: dark condition. The number on the top of each lot shows the day when the germination percent was summed up.

第2回の実験：前処理は1956年12月5日から1957年1月14日にかけておこない、1月14日から同時に発芽試験をおこなつた。その結果をFig. 5にしめす。

かんがえられること

2回の実験をととして、低温処理は2°Cで20日間おこなえば十分な効果がえられ、2週間でほとんど

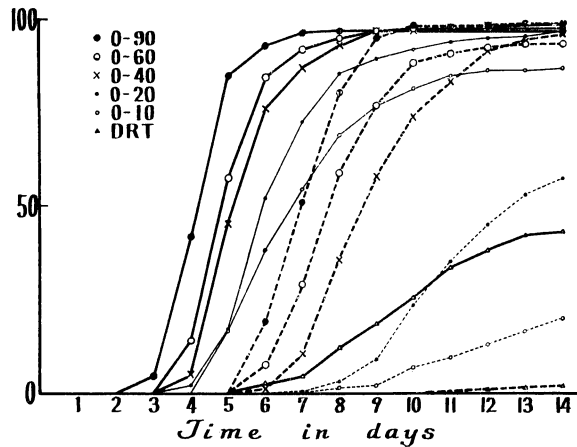


Fig. 4 25°C と 25~15°C でのストロブマツの発芽経過
The germination process of pretreated seeds of *P. strobus* under 25°C. (solid line) and 25~15°C. (dotted line).

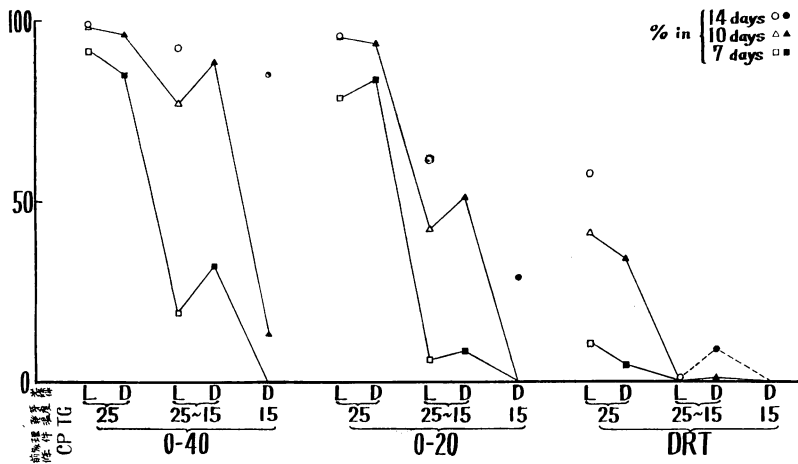


Fig. 5 前処理をうけたストロブマツのタネの発芽におよぼす光と温度の影響
The effect of light and temperature on the germination of pretreated seeds of *P. strobus*. L: exposure to diffused light for eight hours every day; D: dark condition.

完全に発芽しおわることがあきらかである。これらの結果は新妻¹²⁾や ROHMEDER¹³⁾のものとはばにている。

散光区は、25°C 区も 25~15°C 区もともに昼間8時間散光にさらされた。したがって 25~15°C 区は 25°C におかれているあいだ散光にさらされていたが、25°C 区の場合には光の影響がわずかにみとめられた。一方 25~15°C 区では、散光区のほうがかえつてわるい結果をしめした。

25°C 区と 25~15°C 区だけをくらべると、ストロブマツのタネは 25°C にたもつたほうがよいようである。しかし DRT の 25°C 区、25~15°C 区、および 15~25°C 区の結果は、高温におく時間をながくすれば変温の効果があらわれるかもしれないことを暗示している。国際種子検査規程¹⁰⁾は 30°C (8時

間)~20°C (16 時間) の変温をすすめており, ROHMEDER¹³⁾ も変温 (20~25°C) のほうがいくらかはやく発芽するとのべているから, 変温にもちいる温度をもうすこしたかくすれば, うえにのべたようなことについてもつとはつきりした結果をえられるだろう。いずれにしても, アカマツ・クロマツにくらべていくらかたかい発芽適温をもっているようであり, また前処理によつて発芽への過程をすすむにつれて, 要求される温度がひくくなることもあきらかである。

低温処理するまえにあらかじめ 25°C におくクミアワセ処理は, 期待したような効果をしめさなかつたばかりでなく, 5-85 区をのぞいて単純な低温処理よりもいちじるしくわるい結果をしめた。アカマツ・クロマツの結果⁵⁾ とかんがえあわせて, こういうわりあい発芽しやすいタネには, 単純な低温処理をもちいたほうがよさそうである。

タネをとりいれてからあくる年の春までの貯蔵温度が発芽におよぼす影響は, アカマツ・クロマツの場合⁵⁾ にはかなりはつきりみられたが, ストローブマツの場合にはあまりはつきりしなかつた。しかし DRT

Table 2. 保存されていたあいだの温度と発芽経過の関係

The effect of the temperature during storage on the germination of *P. strobus* seeds. Conditions for germination: 25°C. and exposure to diffused light for eight hours every day.

保存されていたあいだの温度条件 Temperature condition during storage	発 芽 率 Germination percent in					
	7 日間 days	9 日間 days	11 日間 days	14 日間 days	21 日間 days	28 日間 days
DRT: kept at 2°C. for 5 months after keeping at room temperature for 5 months.	4.5	18.5	33.5	43.0	47.0	50.5
D15: kept at 15°C. for 10 months.	8.0	22.5	40.5	60.5	66.5	67.5
D2: kept at 2°C. for 10 months.	20.0	43.5	57.5	65.0	65.0	67.0

は D15, D2 にくらべていくらかわるいから, できれば低温におくことがのぞましく, すくなくとも温度変化のすくない場所に保存することがのぞましい。

筆者は, タネの前処理にたいする要求と発芽のときの温度要求とをかんがえあわせて, これまでそれぞれの樹種について独立にかんがえていたトネリコ属のタネの休眠の特性が, おたがいに関連しているものであり, タネの内的条件の段階のチガイ* によつているとかんがえられることをあきらかにした¹⁾。そしてこれとおなじことがマツ属のタネについてもいえるとおもう。すなわち, アカマツ・クロマツのタネはほとんど前処理を必要としない⁵⁾ が, ストローブマツには低温処理を必要とするタネがかなりおおくふくまれており, ハイマツはほとんどのタネが低温処理を必要とする。一方チョウセンマツ・ゴウマツのタネの大部分は, クミアワセ湿層処理によつて効果的に発芽させられる。もつとも, こういうわけかたもごくおおまかなもので, タネがうけたトリアツカイカタによつて, おなじ樹種のタネでも内的条件についての分布状態はかわるものであり, またおなじようにクミアワセ処理によつて発芽への過程を効果的にすすませることができるといつても, 期間をながくすれば低温処理だけでも休眠がやぶれるタネがふえるから, ヤチダモの場合とはかなりちがうものとおもわれる。またこういうタネの内的条件と発芽温度との関

*おなじ種のおなじサンプルのなかでも, それぞれのタネによつてかなりのバラツキがあるから, こういう場合大部分のタネがどの段階にあるかということを意味している。

係についても、もつといろいろな種についてのくわしい実験がおこなわれなければ、はつきりしたことはいえそうにない。

この研究のあいだ、いろいろとみちびいていただいた造林部長坂口勝美博士、柳沢聡雄研究室長^{*1}、実験をてつだつていただいた田中ナミさん、ならびにタネをえるについてお世話になつた青森営林局造林課長横溝伝男技官^{*2}、東京大学北海道演習林功力六郎氏、および弟子屈営林署経営課の方々には心からお礼をもうしのべます。

4. あ ら ま し

わがくにの五葉松類——チョウセンマツ・ゴヨウマツ・ハイマツ——のタネの発芽促進について、湿層処理のあいだの温度条件とその効果との関係をしらべ、またストロブマツのタネの発芽と温度について2、3の実験をおこなつた。

(1) チョウセンマツおよびゴヨウマツのタネの発芽促進には、単純な低温処理よりもクミアワセ湿層処理のほうがずつといちじるしい効果がある。一方、ハイマツのタネには低温処理のほうがよい。

(2) 発芽促進方法として、チョウセンマツ・ゴヨウマツのタネにはすくなくとも25°C(2カ月)–2°C(3カ月)のクミアワセ湿層処理を、ハイマツのタネには2°C(4カ月)の低温処理をそれぞれすすめる。

(3) ストロブマツのタネの発芽促進には、2°Cでおよそ3週間処理すればよく、こうすればおよそ2週間で発芽しおわる。一方、クミアワセ処理はかえつてわるい影響をあたえる。

(4) ストロブマツのタネの発芽には、光もあまり影響をあたえないし、変温もまたいちじるしい効果はしめさないようである。

文 献

- 1) ASAKAWA, S.: Jour. Jap. For. Soc. 37 (4). (1955) p. 127~132.
- 2) ————: Ibid. 38 (1). (1956) p. 1~4.
- 3) ————: Ibid. 37 (11). (1955) p. 508~509.
- 4) ————: Bull. Govt. For. Expt. Sta. 100. (1957) p. 23~39.
- 5) ————: Ibid. 92. (1956) p. 1~18.
- 6) ————: Ibid. 95. (1957) p. 71~90.
- 7) BALDWIN, H. I.: Bot. Gaz. 96. (1934) p. 372~376.
- 8) ————: Forest Tree Seed. Waltham (1942) p. 115~116.
- 9) BARTON, L. V.: Amer. Jour. Bot. 17. (1930) p. 88~115.
- 10) International Rules for Seed Testing. Proc. Internat. Seed Test. Assoc. 21 (1). (1956) p. 28.
- 11) MIROV, N. T.: Jour. For. 34. (1936) p. 719~723.
- 12) NIIZUMA, G.: Jour. Jap. For. Soc. 18. (1936) p. 563~587.
- 13) ROHMEDER, E.: Allg. Forstzeitschrift 11 (8/9). (1956) p. 113~116.
- 14) TOZAWA, M. et al.: Bull. For. Expt. Sta. Keijyo 5. (1926) p. 1~25.
- 15) Woody Plant Seed Manual. Washington (1948) p. 38.
- 16) YANAGISAWA, T.: Forest Tree Seed (Ikurin-Sôten, edited by K. HASEGAWA). Tokyo (1955) p. 189.

^{*1} 現在、北海道支場育種研究室長

^{*2} 現在、宇都宮営林署長

Studies on Hastening the Germination of the Seeds of Five-leaved Pines

Sumihiko ASAKAWA

The seeds of all the Japanese five-leaved pines fail to germinate for a long time without pretreating. The effective method which has been the most commonly used to hasten the germination of forest tree seeds is the stratification including moist low-temperature treatment, the effect of this method on the seeds of five-leaved pines having been reported in foreign literature^{9,11)}. The writer also described the effect of this method on *Pinus koraiensis* and *P. pentaphylla* seeds and some changes occurring in those of the former during such a pretreatment.^{1,2,3)} In this paper are summarized the results of the stratifying effect on the germination of the seeds of Japanese five-leaved pines, and in addition the results of the germination tests of *P. strobus* seeds are reported.

1. Materials

Pinus koraiensis and *P. strobus* seeds were collected in the Tokyo University Forest in Sorati-gun of Hokkaido, *P. pentaphylla* seeds in Siraisi National Forest in Karita-gun of Miyagi Prefecture, and *P. pumila* seeds in Tesikaga National Forest in Kawakami-gun of Hokkaido in the fall of 1955, and sent to our laboratory after extracting and cleaning.

2. Experiments on the Seeds of the Japanese Five-leaved Pines

Method for stratification: After being soaked in tap water at room temperature for 48 hours, the seeds were kept in moistened sphagnum, placed in 13.5 or 15 cm petri dishes, and occasionally supplied with water so as not to get dry during stratification. Three incubators and a refrigerator were regulated at $25\pm 1^{\circ}\text{C}$., $15\pm 1^{\circ}\text{C}$., $8\pm 1^{\circ}\text{C}$., and $2\pm 1^{\circ}\text{C}$., respectively. Condition for stratification is expressed as $T^{\circ}\text{C} (n)$, where T stands for the stratifying temperature and n stands for the time in months kept at $T^{\circ}\text{C}$. Each of nine or ten lots was designed to finish up its stratifying period on the same day.

Method for germination test: Germination test was carried out in 13.5 or 15 cm deep petri dishes with moistened sphagnum, having 200 seeds. In the expression of alternating temperatures, the left number means the temperature held for 8 hours (day), and the right one indicates that held for 16 hours (night).

Experimental results: All the germination tests were conducted from May the 25th in 1956, the results of which are shown in Fig. 1. The ordinates in this figure express the real germination percentage to the seeds at the beginning of these tests. So Table 1 was arranged to compare synthetically the hastening effect among various stratifying conditions.

Discussion: The effect of moist low-temperature pretreatment on seed germination has been studied not only from of old but also applied to our nursery practice. Nevertheless, we can find no work on the compound stratification in our country,

nor any example on its application to our nursery practice. On the other hand, a number of works have been carried out on the effect of the compound stratification with foreign species⁸⁾, which has been commonly taken to hasten germination in foreign nurseries¹⁵⁾.

Recently YANAGISAWA¹⁶⁾ reported that compound stratification can be applied when the time for fall sowing would have been missed, and the writer¹⁾ also supposed the important rôle of the underground temperature at the beginning of autumn in hastening the germination of *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* seeds through buried storage or fall sowing, describing the experiments supporting such a supposition. Thus the writer expected a better effect of the compound stratification on the germination of five-leaved pine seeds than that of single low-temperature stratification.

Such an expectation was verified with *P. koraiensis* and *P. pentaphylla* seeds, such being not the case with *P. pumila* seeds. In the latter the dormancy was completely broken down even by only a single low-temperature stratification. Moreover, as the period for compound stratification is lengthened, the seeds of the former are affected better, though those of the latter are affected rather worse. These facts show that the degree of dormancy between the former and the latter is different. As to the temperature for cold stratification, 8°C. is a little better for the former, while 2°C. is much better for the latter.

In the first report with *P. koraiensis* seeds¹⁾, the writer explained that the compound stratification of "2°C.—25°C.—2°C." showed a remarkable effect in hastening the germination of these seeds, but that the seeds having after-ripened through the first cold period had germinated during the warm period. After that, in the second paper²⁾ it was proved that shifting the high-temperature period to the start of pretreatment could remove such a loss without lowering the hastening effect. And this experiment also verified such a point.

From Table 1 it is understood that the decay percentage at the end of test is very different among methods, and this will be a factor in comparing the hastening effect of each method. In general, compound stratification increases decay percentage, but this tendency varies with temperature condition for germination. The explanation proposed for the similar phenomenon with *P. densiflora* and *P. Thunbergii* seeds⁵⁾, may also be useful in this case. Even so, increasing the decay percentage is a failure of the compound method, and the period for warm stratification has to be determined carefully in applying it to nursery practice. About the time when the seeds are sown, however, the temperature in the nursery will show a marked daily fluctuation of considerably low temperatures so the above-described decay percentage will be lowered in practice.

An optimal temperature for the germination of *P. koraiensis* seeds seems to be the highest and to be followed by that of *P. pentaphylla* seeds, while that of *P. pumila* seeds seems to be the lowest. In fact, the after-ripened seeds of *P. pumila* begin to germinate actively even at 2°C. But such a statement shows only a rough standard, as the temperature requirement for germination varies with the internal condition of the seed⁵⁾¹⁰⁾.

Finally, the results with *P. koraiensis* seeds of three years in Fig. 1 and Fig.

2¹²¹) will be compared. Though the 1953 and 1954 crops were collected at the same stands, the 1955 crop was collected at another stand. Furthermore, the mother trees or the time for collecting them, and the methods for preparing seem to have been not exactly identical. Accordingly, these results cannot be compared exactly, but they suggest that the same method of pretreatment does not always bring about the same effect.

Recommended method for hastening the germination: The compound stratification of 25°C. (2 months)—2°C. (3 months) is recommended for *P. koraiensis* and *P. pentaphylla* seeds, while the cold stratification of 2°C. (4 months) is recommended for *P. pumila* seeds.

3. Experiments with *P. strobus* Seeds

There have been many reports on the germination of *P. strobus* seeds⁷⁾⁸⁾¹³⁾, the results of which are summarized in the International Rules for Seed Testing¹⁰⁾ or Woody Plant Seed Manual¹⁵⁾. On the other hand, NIIZUMA¹²⁾ also reported some results. The objects of this experiment are to detect pretreatment requirement for after-ripening these seeds and to study the relationship among pretreatment, temperature and light condition for germination.

Method for pretreatment: 0.5% agar solution, made from agar powder, is poured into a 7.5 cm petri dish. After setting, 50 seeds are sown in each petri dish. In the case of the dark lot, a petri dish is covered doubly with thick black paper just after sowing. All pretreatments were carried out under dark condition. Temperature condition for each pretreatment is expressed by the sign “n—m”, where “n” stands for the time in days at 25°C. and “m” for that at 2°C. DRT was kept at room temperature from the beginning of December in 1955 till May the 10th in 1956 and then kept at 2°C. D15 and D2 were kept at 15°C. and 2°C., respectively, from the beginning of December. “D” of these lots indicates that the seeds were kept dry till germination test. All the seeds for pretreating were taken out from the lot “DRT”.

Experimental results: The pretreatment for the first test was conducted from July the 16th to October the 14th in 1956, when the germination test was begun simultaneously (Figures 3 and 4). The pretreatment for the second test was conducted from December the 5th in 1956 to January the 14th in 1957, when the germination test was begun simultaneously (Fig. 5).

Discussion: The germination of these seeds was fully hastened by treating at 2°C. for 20 days, and finished up within two weeks. Such results are nearly identical with those obtained by NIIZUMA¹²⁾ or by ROHMEDE¹³⁾.

The exposure to diffused light for eight hours every day has a little effect at 25°C. constant, while it has a little negative influence at the daily alternation of 25°C. (8 hours)~15°C. (16 hours).

The germination of *P. strobus* seeds is better at 25°C. constant than at 25~15°C. But the results of DRT at 25°C. constant, at 25~15°C., and at 15~25°C. show that these seeds germinate better in a longer day in relation to high-temperature. At any rate, an optimal temperature for the germination of these seeds seems to be higher than that of *P. densiflora* or *P. Thunbergii* seeds, and it will be also certain that the longer the period for pretreatment is made, the better these seeds germi-

nate even at lower temperature.

The compound stratification affects the germination of these seeds unfavourably. In consideration of the results with *P. Thunbergii* and *P. densiflora* seeds⁵⁾, it is desirable to apply the single cold stratification for hastening the germination of the seeds considerably easy to germinate.

No effect of storage temperature on germination was significant with these seeds. The result shown in Table 2, however, suggests that these seeds should be stored at least with as limited a change of temperature as possible.

The writer is of the opinion that a type of seed dormancy or germination manner should be taken into consideration in the reciprocity among the species—at least, within the same genus, and has discussed the example of the temperature requirement for germination or for stratification⁶⁾. This seems to be also the case with those of *Pinus* species. That is to say, most of *P. koraiensis* or *P. pentaphylla* seeds require warm followed by cold stratification, while most of *P. pumila* seeds need only a cold one. On the other hand, about half of *P. strobus* seeds require cold stratification, while most of *P. densiflora* or *P. Thunbergii* seeds require hardly any stratification. Such a ranking is rough, and their dormancy is changeable to some extent by their previous history. More detailed experiments with the seeds of more species will be necessary for ascertaining the writer's assumption that an internal state in the seed alternates with after-ripening.

Summary

(1) The germination of *Pinus koraiensis* and *P. pentaphylla* seeds is more effectively hastened by a compound stratification than by a single cold one, while that of *P. pumila* seeds is more effectively hastened by the latter.

(2) The recommended methods for hastening germination are as follows: the compound stratification of 25°C. (2 months)—2°C. (3 months) for *P. koraiensis* and *P. pentaphylla* seeds, and the single cold one of 2°C. (4 months) for *P. pumila* seeds.

(3) The germination of *P. strobus* is effectively hastened by a cold stratification of 2°C. (3 weeks), while it is unfavourably affected by a compound one.

(4) The germination of *P. strobus* seeds seems to be not remarkably affected by light or by alternating temperatures.