

# アカマツ・クロマツのタネの発芽と温度

浅 川 澄 彦<sup>(1)</sup>

アカマツ・クロマツのタネの発芽については、すでにたくさんのすぐれた研究がおこなわれている。したがって、この研究をはじめたときには、ごくかぎられた範囲の知見を与えることをもくろんでいたにすぎなかつた。このはじめの目的は予備実験のところでのべるが、その実験結果をとりまとめてみると、はじめの目的のほかにも注目しなければならない点があることに気づいた。あたらしい問題をあきらかにすることをふくめて実験Ⅰを計画したが、その結果はふたたびべつの問題を検討しなければならないことをしめた。このようにして実験Ⅲまで回をかさねたが、それでもなお十分な結果を与えることはできなかつた。しかし、一応クギリをつけることができそうにかんがえ、ここにこれまでにえられた結果を報告する。

## 材 料

	アカマツのタネ	クロマツのタネ
予備実験	笠間営林署、茨城県 (1953)	水戸営林署、茨城県 (1953)
実験Ⅰ	甲府営林署、山梨県 (1953)	横浜営林署、青森県 (1953)
実験Ⅱ	沼宮内営林署、岩手県 (1955)	仙台営林署、宮城県 (1955)
実験Ⅲ	富岡営林署、福島県 (1955)	水戸営林署、茨城県 (1955)

どのタネも実験につかうまではハトロソ紙の封筒にいれて室温に保存した。

## 方 法

**前処理：**9 cm のベトリー皿にタネをいれ、はじめの 24 時間は水道水にひたし、そのあとは水をきつて適当なシメリケがいきわたる程度にうるおし、それぞれの温度条件で処理した。高温には 25°C (25±1°C)、低温には 2°C (2±1°C) をもちいたが、25°C においているあいだはカビがはえやすいので 24 時間ごとに水道水であらった。こういう方法で前処理をおこなったタネは、前処理期間がおわつたとき発芽床にうつした。一方暗黒試験の場合には、タネは発芽床のうえで前処理をうけた。前処理の温度条件は“n—m”であらわすが、ここで n は 25°C においた日数を、m は 2°C においた日数をそれぞれしめしている。DRT, D2(x), D15(y) などの D は発芽試験まで乾燥状態におかれたことをしめし、RT, 2, 15 はそのときの温度でそれぞれ室温、2°C, 15°C をしめしている。括弧のなかの数字 (x, y) はそれぞれの温度においた日数をあらわしている。

**発芽床：**(i) スヤキ皿 (CD) スヤキ皿のオオキサはおよそ 20cm×24cm で、水をいれたトタンのバットにこの皿を 2 枚おいた。このスヤキ皿には普通 500 粒のタネをならべた。

(ii) 濾紙床 (FP) 10.5cm のベトリー皿にスライド・ガラスをしき、そのうえに東洋濾紙の No. 2

(1) 造林部造林科種子研究室員

の濾紙をしき、そのハシがつかるように水道水をくわえた。このペトリー皿には普通 100 粒のタネをならべた。

(iii) 寒天床 (A) 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。暗黒区の場合には、タネをならべてからすぐにペトリー皿をあつい黒紙で二重につつんだ。

発芽試験器：発芽試験には 25°C (25±1°C)、15°C (15±1°C) および 8°C (8±1°C) の定温器をもちいた。変温区のペトリー皿は午前 9 時に 25°C に、午後 5 時に 15°C にうつしたため、これらの定温器の温度は一時的ではあるが調節器による温度幅をこえてふれた。8°C の定温器もべつの実験につかつていたためにおなじような温度変化がみとめられた。

### 予 備 実 験

タネの発芽を促進する方法として、低温処理がふるくからひろくつかわれてきた。しかし筆者はチョウセンマツのタネをつかつて、(高温—低温)あるいは(低温—高温—低温)のクミアワセ湿層処理が、単純な低温処理よりずっといちじるしい効果があることをあきらかにした<sup>1)</sup>。そしてこの方法は、いろいろな樹種・母樹のチガイ・タネの令などによつてことなるタネの休眠の程度を考慮して処理期間を適当に加減すれば、もつとひろくずっと効果的につかえそうにおもわれた。おなじマツ属のなかでも、わがくにの五葉松類のタネはだいたいいちじるしく発芽しにくく、チョウセンマツとほとんどおなじような処理方法でよさそうである<sup>3)</sup>が、アカマツ・クロマツのタネはかなりはやく発芽するもので、したがつてかりにこの方法をつかうことができるとしても、低温にうつすまでの高温期間はかなりみじかくしなければならない。クロマツについて、発芽床におかれたタネが発芽してメバエになるまでにそのなかでおきる変化が研究されている<sup>8) 9) 12)</sup>。それらの結果は、はつきりした定量的な変化は幼根がのびはじめてからあらわれるが、定性的な変化はそれよりまえに——発芽床においてから 4 日たつたときに——あらわれることをしめた。条件のよいタネはこのような変化があらわれてからかなり急速に発芽への過程がすすむものであるから、こういう変化があらわれてからつぎの段階にすすむまえに低温にうつさなければならないとおもわれる。郷があきらかにした吸水曲線についての知見<sup>6) 7)</sup>ともかんがえあわせて、低温期にさきだつ高温期はだいたい 4~5 日が適当だろうとおもわれた。

### 結 果

前処理は 1955 年 6 月 27 日から 7 月 25 日にかけておこない、7 月 25 日から同時に 2 週間にわたつて発芽試験をおこなつた。発芽試験はすべて室温でおこなつたが、この期間中だいたい 27~33°C であつた。スヤキ皿の場合には各区ごとに 100 粒を 5 組、濾紙床の場合には 50 粒を 4 組とり、図にはこれらの平均値をしめす。この実験にもちいた前処理のウチワケはつぎのようである。

0—28,	2—21,	0—19,	5—7,	2—4,	0—2,	D2 (28)
5—23,	0—21,	2—17,	2—7,	0—4,		DRT
		5—14,	0—7			

これら 15 区の発芽経過を Fig. 1, Fig. 2 および Fig. 3 にしめす。

### かんがえられること

スヤキ皿による結果をみると、クロマツの場合に 5—7 区で発芽勢がいちじるしくたかめられているの

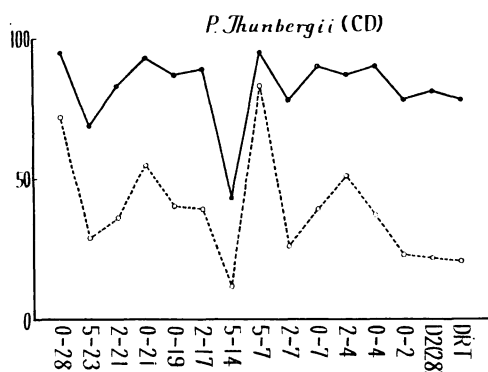


Fig. 1 クロマツのタネの発芽におよぼす前処理の影響 (スヤキ皿)

The effect of various pretreatments on the germination of *Pinus Thunbergii* seeds. Circles and dots show the germination percents in one week and in two weeks, respectively, which is common to Figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8. Ordinate shows a germination percent, which is common to all other figures. Conditions: seed bed (CD); room temperature (27~33°C).

に、5—14 区にはあきらかにわるい影響があらわれている。おなじ関係が 2—4 区と 2—7 区にもみられるから、クミアワセ処理のすぐれた効果は高温期間と低温期間のバランスによつて支配されているようにおもわれる。一方アカマツの場合には、クミアワセ処理によつてとくにいちじるしい効果を期待することはできないらしい。つぎに Fig. 1 と Fig. 2 をみると、いろいろな処理による効果の関係はだいたいになっているが、全体に濾紙床による発芽率のほうがひくく、このことはとくにクミアワセ処理をうけた区にはつきりみとめられる。

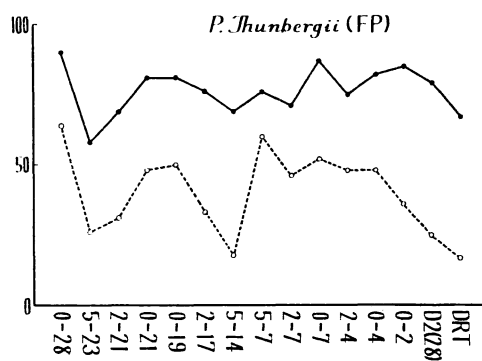


Fig. 2 クロマツのタネの発芽におよぼす前処理の影響 (濾紙)

The effect of various pretreatments on the germination of *P. Thunbergii* seeds. Conditions: seed bed (FP); room temperature (27~33°C).

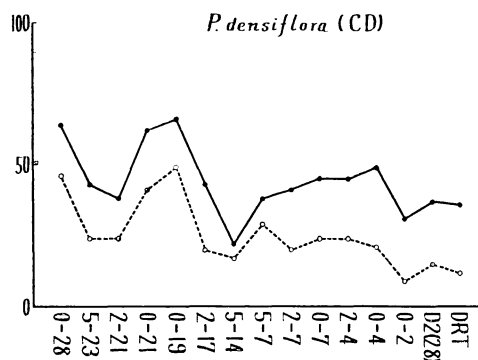


Fig. 3 アカマツのタネの発芽におよぼす前処理の影響 (スヤキ皿)

The effect of various pretreatments on the germination of *P. densiflora* seeds. Conditions are common to those in Fig. 1.

## 実 験 I

予備実験の結果は、(高温—低温)処理の効果のほかに、いろいろな段階に賦活されたタネが水分供給のチガイにたいしてとなつた反応をしめすことを暗示した。そこでこの実験を計画するにあつては、この問題をもあきらかにすることをくわだてた。

### 結 果

前処理は 1955 年 10 月 18 日から 12 月 8 日にかけておこない、12 月 8 日から同時に 3 週間にわたつて発芽試験をおこなつた。発芽試験にはすべて 25°C の定温器をもちいたが、スヤキ皿による試験にもち

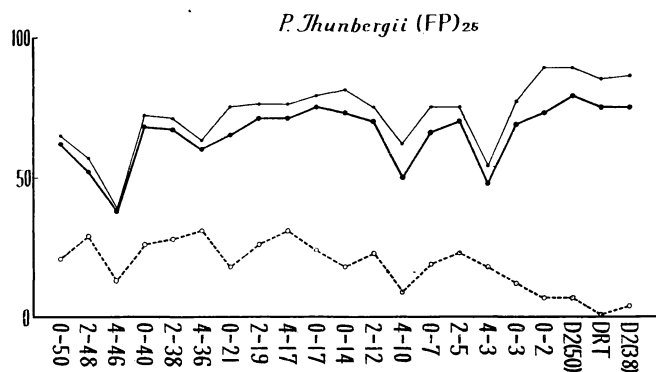


Fig. 4 クロマツのタネの発芽におよぼす前処理の影響 (濾紙)

The effect of various pretreatments on the germination of *P. Thunbergii* seeds. Small dots show the germination percents in three weeks, which is common to Figures 4, 5, 6 and 7. Conditions: seed bed (FP); 25°C.

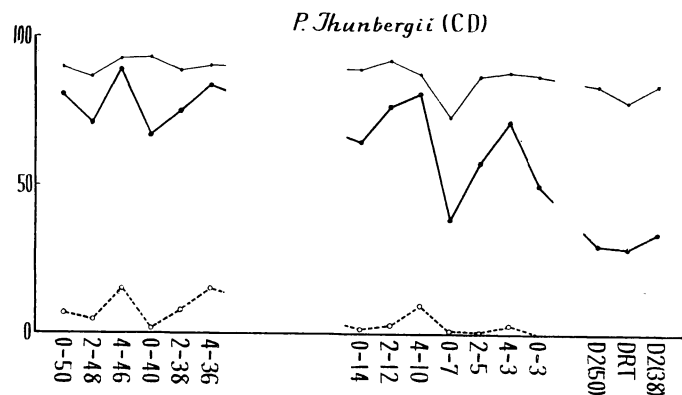


Fig. 5 クロマツのタネの発芽におよぼす前処理の影響 (スヤキ皿)

The effect of various pretreatments on the germination of *P. Thunbergii* seeds. Conditions: seed bed (CD); daily fluctuation of 25~15°C.

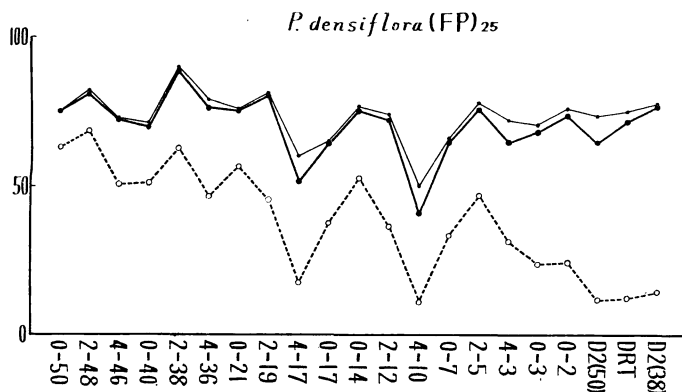


Fig. 6 アカマツのタネの発芽におよぼす前処理の影響 (濾紙)

The effect of various pretreatments on the germination of *P. densiflora* seeds. Conditions are common to those in Fig. 4.

いた定温器は、調節器が故障していたために毎日 15~28°C の温度変化があつた。すべて発芽試験には 50 粒を 4 組とりこれらの平均値をもとめた。この実験にもちいた前処理のウチワケはつぎのようである。

0—50, 0—40, 0—21,  
2—48, 2—38, 2—19,  
4—46, 4—36, 4—17,  
0—17,

0—14, 0—7,  
2—12, 2—5,  
4—10, 4—3,

0—3, D2 (50)  
0—2, DRT  
D2 (33)

これら 21 区の発芽経過を Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6 および Fig. 7 にしめす。

#### かんがえられること

予備実験からみちびかれた第 2 の問題すなわち前処理によつて賦活されたタネの発芽と水分供給の関係について、予備実験でみとめられたののだいたいにた傾向がえられた。クロマツでもアカマツでも、全体として濾紙床による発芽率のほうがわるく、このことはクミアワセ処理をうけた区にはつきりみとめられた。もつとも処理しないタネについては濾紙床のほうがよい結果をあたえている。しかし予期しなかつた定温器の故障のために、スヤキ皿による試験結果には変温の効果がみあつているかもしれないの

で、この点はもう一度たしかめる必要がおきた。クミ  
アワセ処理の高温期間につ  
いて、クロマツのタネには  
4 日間が適当らしいが、ア  
カマツのタネには 2 日間の  
ほうが適当らしい。これは  
アカマツのタネがクロマツ  
のタネよりも発芽勢がたか  
かつたためであろう。

## 実験 II

実験 I の結果についてか

んがえたときに、アカマツ・クロマツのタネの発芽に変温がどのような影響をあたえるかをしる必要がおきた。この問題をあきらかにするための実験を計画するについて、なお 2, 3 のほかの問題も同時にあきらかにしようとかんがえた。すなわち、これまでの実験では光条件をまったく考慮にいれなかつたが、前処理によつてアカマツ・クロマツのタネの発芽と光との関係がかわることが報告されている<sup>11)</sup>から、光をあたえない条件で高温—低温処理の効果がどのようにあらわれるかをあきらかにしなければならないとかんがえた。さらに、もし変温の効果があるとすれば、これが暗黒条件と光条件とでことなるだろうかという問題、またいろいろな発芽温度でどのような発芽経過をたどるだろうかという問題も考慮にいった。

## 結 果

前処理は 1956 年 1 月 23 日から 2 月 22 日にかけておこない、2 月 22 日から同時に 3 週間——暗黒区は 2 週間——にわたつて発芽試験をおこなつた。散光区はスヤキ皿と濾紙床で、前者は 25°C で、後者は 25°C と 25°C (8 時間)~15°C (16 時間)——これから 25~15°C と省略する——の 2 つの条件でおこなつた。暗黒区は 0—30 区、0—18 区、および D15 (30) 区は 25°C と 25—15°C で、そのほかの区は 25°C だけでおこなつた。散光区のうち 0—30 区、0—18 区および D15 (30) 区はさらに 15°C と 8°C でもおこなつた。いずれの場合にも各区に 50 粒を 4 組とり、それらの平均値をもとめた。暗黒区の場合には一度ツツミをあけると暗黒条件がやぶれるので、発芽条件にうつしてから 2 週間目にツツミをあけて発芽粒をしらべた。この実験にもちいた前処理のウチワケはつぎのようである。

0—30,    0—18,    0—8,    0—4,    D2 (30)  
4—26,    4—14,    4—4,            D15 (30)

これら 9 区の発芽結果を Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10 および Fig. 12 にしめす。

さらにつぎにのべる実験 III と平行して、この実験の一部である D2 (120) 区と D15 (120) 区の発芽試験を、濾紙床をつかい 25°C でおこなつた。その発芽経過を Fig. 11 にしめす。

### かんがえられること

散光区の結果 (Fig. 8) によつて、予備実験・実験 I の結果がたしかめられた。しかもこの実験の結果は、まえの 2 回の実験よりもずつとはつきりした一定の傾向をしめしている。この点についてはあとであ

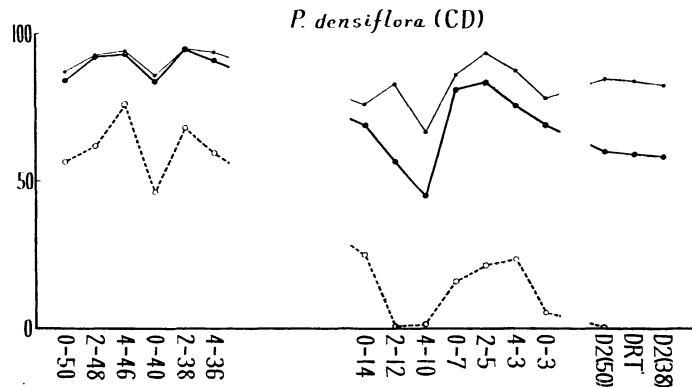


Fig. 7 アカマツのタネの発芽におよぼす前処理の影響  
(スヤキ皿)

The effect of various pretreatments on the germination of *P. densiflora* seeds. Conditions are common to those in Fig. 5.

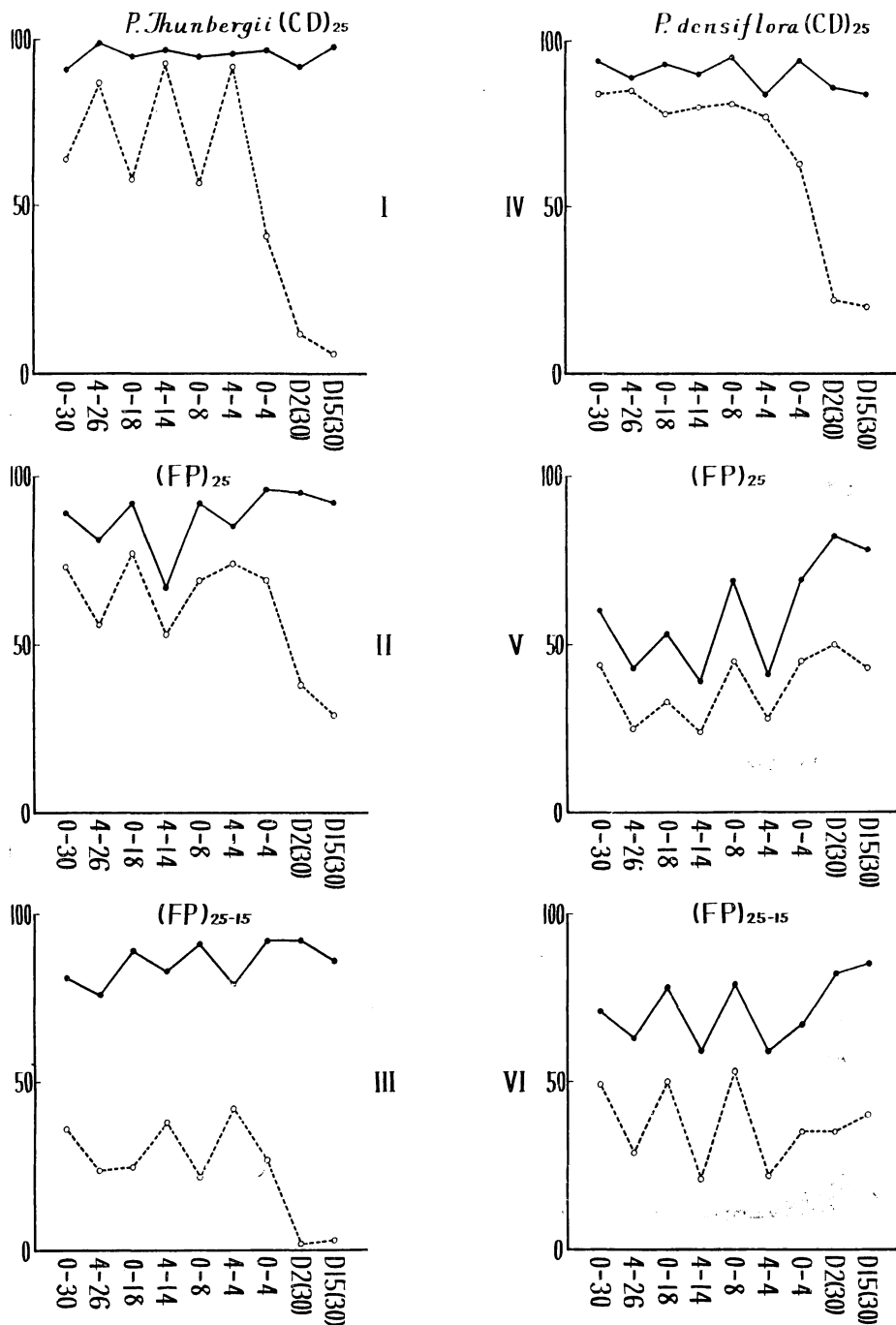


Fig. 8 クロマツ (I, II, III), アカマツ (IV, V, VI) のタネの発芽におよぼす前処理の影響

The effect of various pretreatments on the germination of *P. Thunbergii* seeds (I, II, III) and *P. densiflora* seeds (IV, V, VI). Conditions: I, IV (CD; 25°C); II, V (FP; 25°C); III, VI (FP; 25~15°C).

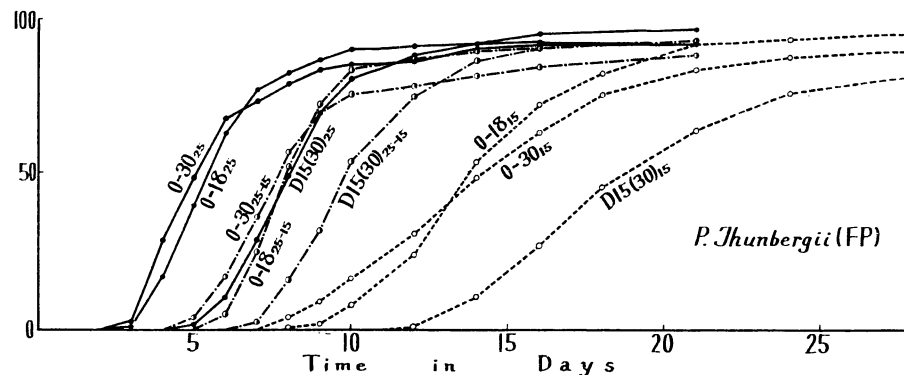


Fig. 9 前処理をうけたクロマツのタネのちがった温度条件での発芽経過  
The effect of temperature on the germination of pretreated seeds of *P. Thunbergii*. An exponent shows the temperature used in germination test, which is common to Figures 10, 14 and 15. Seed bed: FP.

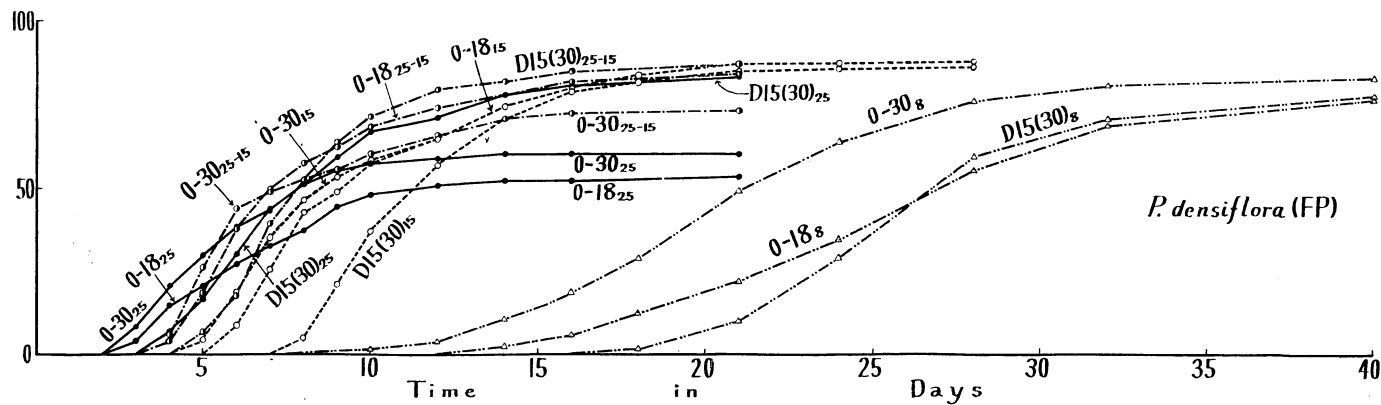


Fig. 10 前処理をうけたアカマツのタネのちがった温度条件での発芽経過  
The effect of temperature on the germination of pretreated seeds of *P. densiflora*. Seed bed: FP.

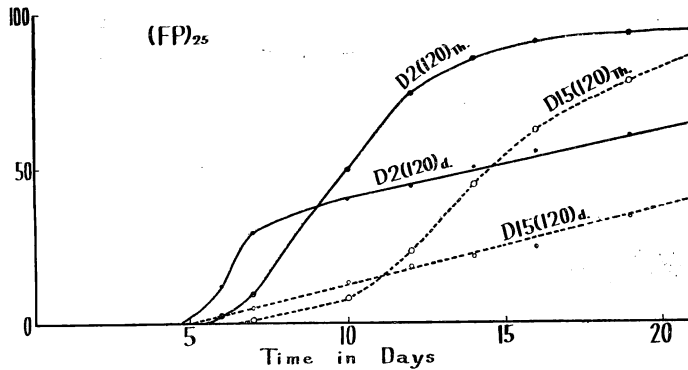


Fig. 11 貯蔵温度がクロマツ、アカマツのタネの発芽におよぼす影響

The effect of the temperature during storage on the germination of *P. Thunbergii* seeds (Th.) and *P. densiflora* seeds (d.). Conditions: seed bed (FP); 25°C.

るが、25~15°C の変温におかれたものの発芽経過はある期間ののちには 25°C での発芽経過においつき、ときにはこれをしのぐようになる傾向がみとめられる。濾紙床をもちいるとスヤキ皿の場合よりも発芽率がひくくなることをすでにのべた。筆者はこの原因が濾紙床による水分の過剰供給にあるらしいとかんがえたが、このような発芽阻害現象は 15°C や 25~15°C ではずつとよくなり、とくにアカマツの場合にいちじるしい。

つぎに暗黒区の実験結果 (Fig. 12) は予期しなかつた興味ある事実をしめした。すなわち、25°C と 25~15°C の発芽結果をくらべると、クロマツの D15 (30) 区をのぞいていずれも 25~15°C での発芽率のほうがたかいことである。25°C とのチガイはわずかではあるが、すでにのべた濾紙床での結果とかん

がえあわせると、このチガイは有意なものであるらしくおもわれた。そこでこの点をたしかめるためにつぎの実験 III を計画した。

### 実験 III

この実験の目的は、実験 II でえられた暗黒区の 25°C と 25~15°C での発芽率のチガイに意味があるかどうかをたしかめるとともに、こういうチガイが散光区にあらわれるかどうかをたしかめることにあつた。この第 2 の点については、実験 II の結果についてかんがえたときに

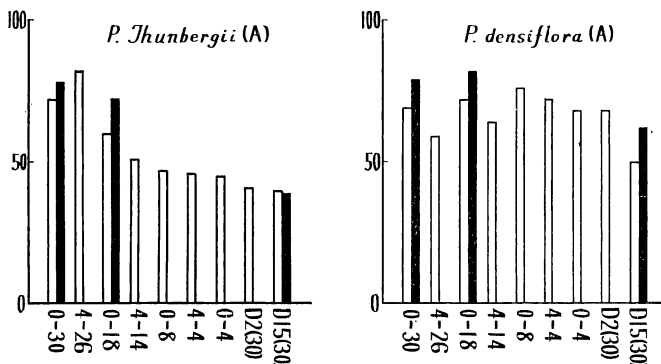


Fig. 12 前処理および発芽試験をととして暗黒条件におかれたクロマツ、アカマツのタネの発芽にあらわれた前処理の影響

The effect of various pretreatments on the germination of *P. Thunbergii* and *P. densiflora* seeds, which were kept dark during pretreatment and germination test. Seed bed: A. Temperature: 25°C (white column); 25~15°C (black column). Each column show the germination percent in two weeks, which is common to Fig. 13.



すでにふれた。しかしその場合、散光区は濾紙床で、暗黒区は寒天床で実験をおこなっているから、これらをすぐにくらべることはできないかもしれない。そこでこの実験ではすべて寒天床をもちいて実験をおこなった。

### 結 果

前処理は 1956 年 4 月 9 日から 5 月 23 日にかけておこない、5 月 23 日から同時に散光区は 3 週間、暗黒区は 2 週間にわたって発芽試験をおこなった。すべて前処理は暗黒条件でおこない、散光区は発芽条件にうつすときに黒紙のツツミをとりのぞいた。この実験にもちいた前処理のウチワケはつぎのようである。

0—44, 0—22, DRT

これらの 3 区について散光区と暗黒区をもうけ、そのそれぞれを 25°C と 25~15°C で発芽させたが、DRT 区の散光条件のものはさらに 15°C と 8°C でも発芽させた。いずれも 50 粒を 4 組とり、これらの平均値をもとめた。

発芽結果は Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15 および Fig. 16 にしめされる。

### かんがえられること

Fig. 13 にしめされるアカマツのタネによる実験結果は、実験 II の結果からみちびかれた“25°C での発芽と 25~15°C での発芽とのあいだにチガイがあるらしい。”というカンガエカタをたしかなものにした。そしてこのチガイは暗黒条件でいくらかはつきりあらわれている。ただクロマツのタネの場合に

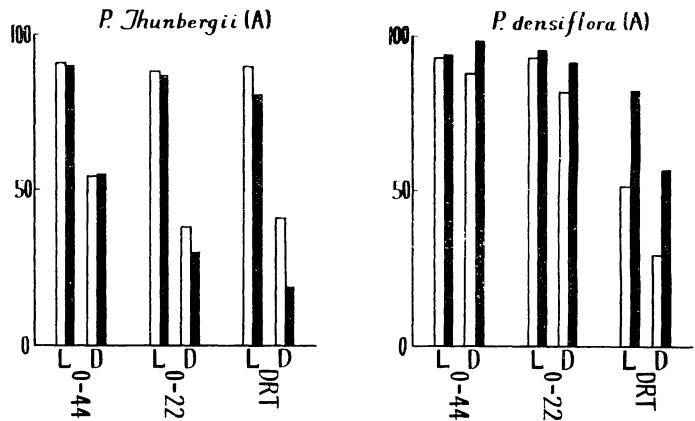


Fig. 13 光条件と発芽温度をかえたときにクロマツ・アカマツのタネの発芽にあらわれた前処理の影響

The difference in the germination of pretreated seeds of *P. Thunbergii* and *P. densiflora* under constant 25°C and a daily fluctuation of 25~15°C. All these seeds were kept dark during pretreatment. Conditions for germination test: L (Exposed to diffused light for eight hours every day); D (Kept dark); 25°C (white column); 25~15°C (black column); seed bed (A).

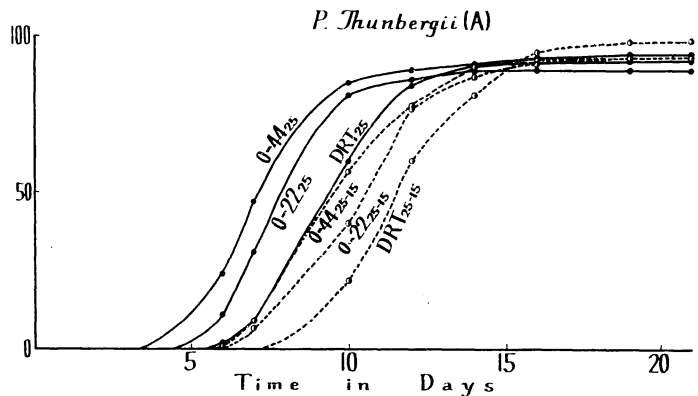


Fig. 14 定温 (25°C) と変温 (25~15°C) でのクロマツのタネの発芽経過

The germination process of pretreated seeds of *P. Thunbergii* under 25°C and 25~15°C. Seed bed: A. The germination percent in two weeks of each process corresponds with that of “L” in Fig. 13, which is common to Fig. 15.

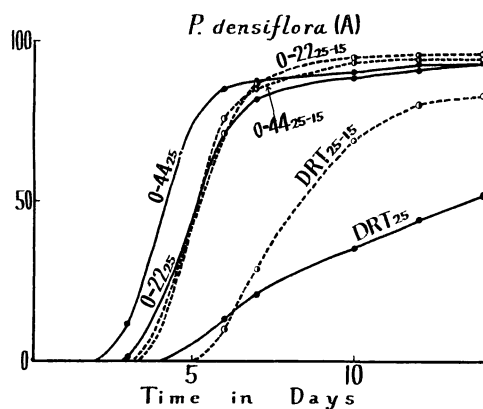


Fig. 15 定温 (25°C) と変温 (25~15°C) でのアカマツのタネの発芽経過

The germination process of pretreated seeds of *P. densiflora* under 25°C and 25~15°C. Seed bed: A.

は、Fig. 12 の結果とちがつて 0—44 区の暗黒条件のものをのぞいて、いずれも 25~15°C の発芽率のほうがちいさい。Fig. 14 と Fig. 15 をくらべると、25°C での発芽経過が 25~15°C での発芽経過においつくのが、クロマツのほうがアカマツよりずつとおそいから、Fig. 13 にしめす実験をしめきつた 2 週間という期間が、この場合のクロマツのタネにはみじかつたためであらうとおもわれる。一方 Fig. 12 にしめす実験につかつたクロマツのタネは、この場合のクロマツのタネよりも発芽勢がおおきかつた (Fig. 17) ために、2 週間ですでに 25°C 区をおいぬいたものとかんがえられる。

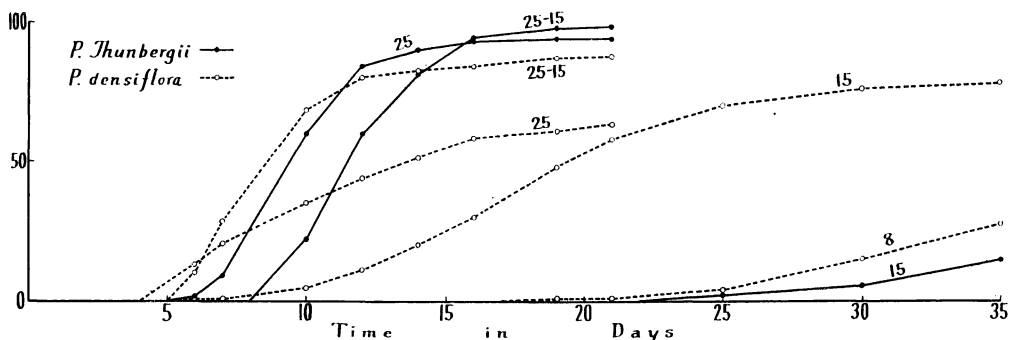


Fig. 16 アカマツ・クロマツのタネのいろいろな温度条件での発芽経過

The germination processes of *P. densiflora* and *P. Thunbergii* seeds at 25°C, 25°C (8 hrs.)~15°C (16 hrs.), 15°C, and 8°C.

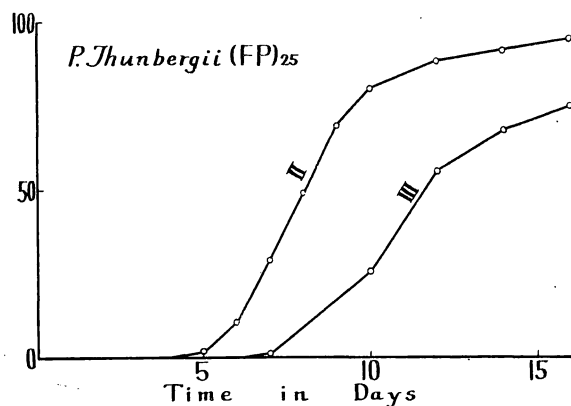


Fig. 17 実験 II につかつたクロマツのタネと、実験 III につかつたクロマツのタネの発芽経過のチガイ (濾紙)

The difference in germination process between the seeds used in Experiment II and those used in Experiment III of *P. Thunbergii*. Seed bed: FP. Temperature: 25°C. The curve "II" corresponds with that of D 15 (30)<sub>25</sub> in Fig. 9.

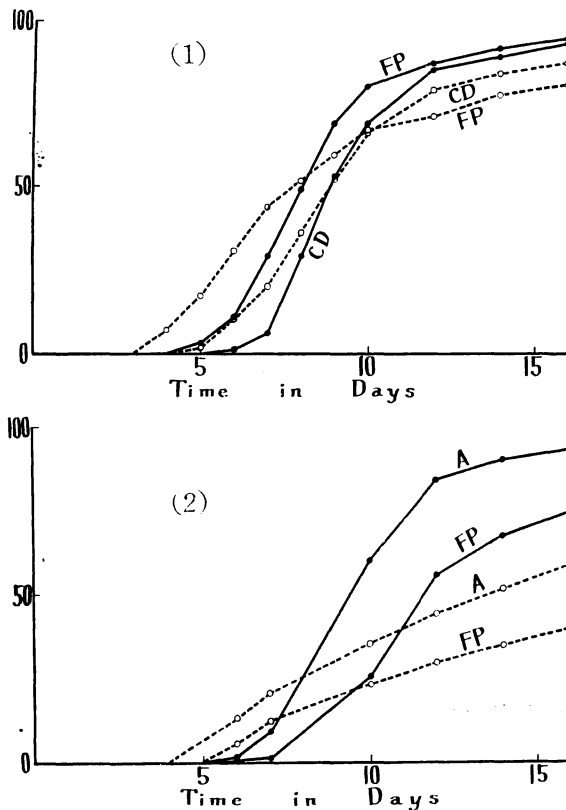


Fig. 18 発芽床によるアカマツ・クロマツのタネの発芽経過のチガイ

The difference in the germination process of *P. densiflora* (dotted line) and *P. Thunbergii* (solid line) seeds among seed beds. (1) and (2) were derived from Experiment II (D15(30)) and III (DRT), respectively. Temperature for germination test: 25°C.

### 全体をとおしてかんがえられること

タネにシメリケをあたえて低温におくと発芽が促進されることがふるくから研究されてきた。そしてアカマツ、クロマツのタネについてもいくつかのすぐれた研究<sup>5) 7) 10) 11) 12)</sup>が報告されている。ところでいちじるしく発芽しにくいタネについても、こういう単純な低温処理がかなりよい効果をしめす例が報告されている<sup>5)</sup>が、“秋タネがみのつてからなるべくはやくとつて土中埋蔵をしたときのすぐれた効果<sup>15) 17)</sup>の重要な因子が、埋蔵したころの高温期にあるだらう”という仮定でくわだてた高温—低温のクミアワセ湿層処理が、予想どおりに低温湿層処理にまさるいちじるしい効果をしめした<sup>1)</sup>。このことから低温処理のあいだにおこる一連の反応が、低温におくまえに高温にある期間おくことによつていちじるしく有利にすすむらしいことがわかった。そのシクミはまだほとんどあきらかにされていないが、おなじような効果がわりあい発芽しやすいクロマツやアカマツのタネの場合にもみとめられるかもしれないとかんがえた。

低温処理の期間の再検討をふくめてクミアワセ処理の効果をしらべるココロミが、予備実験、実験Ⅰ、実験Ⅱの3回の実験をとおしておこなわれた。発芽床からの水分供給の状態は発芽を支配している一つの因子であるとおもわれるが、前処理の効果はこの水分供給のチガイによつてあきらかにちがう結果をあたえている。もつともこの実験では水分供給の程度をとくに厳密にきめてはいないが、スヤキ皿と濾紙床とではこれがあきらかにことなっている。いま実験Ⅱおよび実験Ⅲにつかつた前処理をしないタネについて、ちがう発芽床でどのような発芽経過をたどるかを Fig. 18 にしめしてみた。このような発芽経過は、前処理によつて賦活された程度によつていちじるしくちがうほかに、実験のたびにかなりちがつてあらわれた。この原因はタネがちがうことにあるばかりでなく、おなじタネでもその令によつてちがうようにおもわれるから、この図からすぐにそれぞれの発芽床の特性をしることはできないが、水分供給の程度という点から、だいたい  $FP > A > CD$  の順序があるものとおもわれる。

さてここで実験IIの Fig. 8 を中心にして、前処理がこれらのタネに与えた影響についてかんがえてみたい。スヤキ皿（水分供給がすくない場合）：クロマツのタネについてはクミアワセ処理の効果がはつきりみとめられた。一方アカマツのタネの場合には、低温処理とクミアワセ処理のあいだにほとんどチガイがないばかりでなく、後者のほうがいくらかわるい影響がある。濾紙床（水分供給がおおい場合）：クロマツでは低温処理は効果があるが、クミアワセ処理はわるい影響がみとめられる。一方アカマツでは、低温処理・クミアワセ処理ともにいちじるしくわるい影響をしめし、このことはとくに後者においていちじるしい。このような前処理によるわるい影響は、おなじ発芽床をつかつても温度条件を 25~15°C にすることによつてずつとすくなくされる。寒天床 (Fig. 12)：すでにのべたように、水分供給と発芽との関係はアカマツとクロマツでことなる。そしてこの発芽床はアカマツにとつてはまだ水分をあたえすぎるらしく、クミアワセ処理区にわるい影響があらわれている。一方クロマツについては、濾紙床にみられたようなわるい影響がみられないばかりでなく、スヤキ皿の場合とおなじように、クミアワセ処理によつて前処理期間をちぢめることができる。このような前処理の影響は、実験につかつたタネによつてかなりちがつてあらわれたが、これは産地がちがうためばかりでなく、タネの令のチガイにもよつていものとおもわれる。

こうして高温—低温のクミアワセ処理は、アカマツ・クロマツの場合にも低温処理より発芽促進の効果があるらしいことがわかつた。しかしこういうわりあい発芽しやすいタネは、あまり発芽への過程をすすみすぎると、不利な条件によつて影響をうけやすくなるものとおもわれる。郷<sup>7)</sup>も温度条件についておなじカンガエカタをのべている。この実験につかつたアカマツのタネは大体クロマツのタネよりもはやく発芽しはじめた、すなわちアカマツのタネのほうが休眠のあさいタネがおおかつた。したがつて、アカマツのほうに前処理のわるい影響がいちじるしくあらわれたことは、うえのカンガエカタによつて説明される。

これらの結果から、苗畑でタネをはやく、かつそろえて発芽させる方法についてつぎのような結論がえられる。アカマツは 7~10 日間の低温処理でかなりの効果がえられるが、クロマツには高温 (4 日)—低温 (4~6 日) ぐらいのクミアワセ処理をもちいたほうがよい。なおいずれの場合にも、ふるいタネには前処理期間をながくしてつよく影響をあたえたほうがよいらしい。

低温処理や土中埋蔵によつて休眠があさくなつたタネは、普通よりもひくい温度で発芽するようになるといわれている<sup>4)</sup>。これについての一つのココロミが Fig. 9 および Fig. 10 にしめされている。これらは前処理をうけたタネが、処理をうけないタネよりもひくい温度ではやく発芽することをしめしている。しかし、ここでもちいた程度の処理期間では、処理のあいだにはあまりはつきりしたチガイはみとめられなかつた。

これまでの報告<sup>14)</sup>によれば、アカマツとクロマツの発芽温度はおなじであるとされているが、Fig. 9, Fig. 10 および Fig. 16 から、アカマツのほうが発芽温度の幅がひろく、適温はむしろややひくいことがわかる。このことはもちろん郷<sup>7)</sup>のべているように、産地や母樹によつてチガイがあるだろう<sup>7)</sup>し、またタネの令によつてもちがうものであろう。しかし、2 回の実験につかわれたタネの産地を考慮にいれば、このことはかなり一般的にいえそうである。

Fig. 8 にしめす実験のときには、D2 と D15 のあいだにほとんどチガイがないのに、Fig. 11 にしめす実験ではあきらかなチガイがあらわれた。そしてこのことはアカマツの場合にいちじるしい。したが

つてたとえ乾燥状態のタネでも、ながい期間には保存された温度の影響をうけ、ことに発芽勢にチガイがあらわれる。この実験ではタネの含水率をしらべていないので、Fig. 11 の結果がたんに温度の影響だけによつてもたらされたのかどうかはわからない。しかし“あたらしいタネの発芽率がひくかつたのは、そのタネがとりいれられてからひくい温度にあわなかつたためかもしれない”というカンガエカタもある<sup>3)</sup>から、タネはなるべく低温に保存されることがのぞましい。

アカマツ・クロマツのタネの発芽と変温との関係について、Fig. 12 は暗黒条件での実験結果をしめしている。これによれば、アカマツもクロマツも 25°C でよりも 25~15°C の変温でずつとよく発芽する。そしてこのことは実験 III (Fig. 13) によつてたしかめられた。ただこの図にしめされているクロマツの場合には、0—44 区の暗黒条件をのぞいていずれも 25°C のほうが発芽率がたかかつた。これについてはすでにのべた（10 頁 3~9 行）ように、この場合につかつたクロマツのタネの発芽勢がひくかつた（Fig. 17）ために、2 週間というシメキリ期間がみじかつたものとおもわれ、この実験期間をながくすれば、Fig. 12 の場合とおなじように 25~15°C の発芽率が 25°C のそれをうまわるだろう。すでに実験 II でものべたように、アカマツのタネについては散光条件でもおなじことがはつきりみとめられる。これまでアカマツやクロマツのタネは、ほぼ一定の高温（20~25°C）でほとんど完全に発芽するものとかんがえられてきた<sup>13)</sup>が、ここにしめた実験の結果は、このことをもう一度かんがえなおす必要があることをしめしている。筆者はヤチダモのタネの発芽においてきわめて特異な温度要求があることにきづき、その原因がヤチダモのタネの特異な温感的傾向にあるらしいことを報告した<sup>2)</sup>。そしてクロマツ・アカマツのタネにも、おそらくかなり似た温感的傾向があるかもしれない。もちろん、ヤチダモの場合にくらべればはるかによいものではあろうが、このような変温にたいする反応は、アカマツのタネにずつといちじるしくみとめられる。

長谷川・古川<sup>14)</sup>は、アカマツ・クロマツの発芽と光との関係をくわしく研究しているが、Fig. 13 はかれらがあきらかにした 2 つの事実をはつきりしめしている。すなわち、DRT の散光条件の結果をくらべると、クロマツのタネはアカマツのタネにくらべてあきらかに光感性がいちじるしく、光は低温処理の効果にかかわることができる。つぎに各区の暗黒条件の結果をくらべると、クロマツのタネは低温処理がみじかいときはさらに光を必要とするが、アカマツのタネではみじかい低温処理でも光の効果にかかわることができる。しかも後者の場合、低温処理は光の効果の先駆的役割をはたしている。このような低温処理の効果と光の効果との関係に、さらにまえにのべた変温の効果がかみあつている可能性が、Fig. 13 の実験によつてしめされた。アカマツのタネはクロマツのタネにくらべて温感性がいちじるしく、前者にたいする変温の効果は低温処理の効果にかなりかわることができる。クロマツのタネにたいする変温の効果は、低温処理によつてつよめられるらしい。これらの事実、温感性についてアカマツとクロマツは光感性の場合と逆の関係にあることを暗示するとともに、タネの温感性をになつているシクミと低温処理に反応するシクミとのあいだに、なにか関係があるかもしれないことを暗示している。

おおくの針葉樹のタネはわりあい発芽しやすく、普通 20~25°C のほぼ一定の温度で完全に発芽するものとかんがえられてきた。しかしここに報告した実験の結果は、発芽と温度との関係が光条件によつて影響をうけたり、タネが発芽への過程をすすむことによつてちがつてあらわれることをあきらかにした。したがつてこういう因子を規制したうえで、いろいろな樹種について発芽と温度との関係をもう一度検討しなおす必要があるようにおもわれる。一方、トマトをつかつて成長と温度との関係を研究している

WENT<sup>18)</sup> は、温度要求が品種によつてことなるばかりでなく、おなじ品種でも成長するにつれてしだいにかわることを報告している。タネの発芽と温度との関係においても、樹種により、産地により、母樹によつて温度要求がことなることがかんがえられるばかりでなく、発芽への過程をすすむことによつてさえちがう温度を要求するものであるらしい<sup>19)</sup>。したがつて、これらの関係をも十分にくみいれた実験によつて、はじめて発芽と温度とのただし関係があきらかにされるものとおもわれる。この意味では、この研究もアカマツ・クロマツについてさえ単に問題をさしだしているにすぎない。

みちびいていただいた研究室長柳沢聡雄技官、てつだつていただいた田中ナミさん、だいじなタネをころよくわけてくださった育種研究室渡辺操技官に心からお礼もうしあげる。

### あ ら ま し

アカマツとクロマツのタネの発芽について、おもに温度に関係した 2, 3 の知見がえられた。

(1) 高温においてから低温におくクミアワセ処理は、これらのタネことにクロマツのタネの発芽によい影響をあたえる。しかし発芽床からの水分供給がおおすぎる場合にはかえつてわるい影響があらわれ、このことはとくにアカマツのタネにいちじるしくみとめられた。

(2) 前処理をうけたタネはうけないタネよりもひくい温度ではやく発芽する。

(3) 気乾状態のタネでも、ながいあいだには保存された温度の影響をうけるらしく、たかい温度に保存されたタネの発芽勢はひくい温度に保存されたタネのものよりわるい。

(4) アカマツのタネは、クロマツのタネよりもひくい温度で発芽できるらしい。

(5) アカマツ・クロマツことに前者のタネの発芽には、25°C よりも 25~15°C の変温のほうがよい。このことはこれらのタネにも温感性があることをしめしている。

(6) アカマツ・クロマツのタネの発芽について、光の効果と低温処理の効果との関係がしられているが、さらに変温の効果が関係している可能性がある。そしてアカマツの場合、温感性は光感性についての低温処理の先駆的役割にかかわることができるらしい。

### 文 献

- 1) ASAKAWA, S.; Further investigation on hastening the germination of *Pinus koraiensis* seeds. Jour. Jap. For. Soc. 38 (1), (1956) p. 1~4.
- 2) ————: Thermoperiodic control of the germination of *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* seeds. Ibid. 38 (7), (1956) p. 269~272.
- 3) 浅川澄彦: ゴヨウマツのタネの発芽促進(予報), 日林誌, 37, 11, (1955) p. 508~509.
- 4) BALDWIN, H. I.: Forest Tree Seed. Waltham. (1942) p. 112.
- 5) BARTON, L. V.: Hastening the germination of some coniferous seeds. Amer. Jour. Bot. 17, (1930) p. 88~115.
- 6) Goo, M.: Water absorption by tree seeds. Bull. Tokyo Univ. For. 39, (1951) p. 55~60.
- 7) ————: A physiological study of germination of coniferous seed by the application

- of water absorption curve. Ibid. 51, (1956) p. 159~236.
- 8) Goo, M. and K. NEGISI: Changes of reserve foods in seeds of Kuromatu (*Pinus Thunbergii* PARL.) during the course of germination. Ibid. 43, (1952) p. 83~89.
- 9) ——— and K. FURUSAWA: Changes of the stored food within the seeds of *Pinus densiflora* and *P. Thunbergii* during the course of germination—by microchemical tests. Jour. Jap. For. Soc. 37 (11), (1955) p. 481~484.
- 10) 長谷川孝三: 林木種子の活力に関する実験的研究, 帝林試報 4 (3), (1943) p. 1~355.
- 11) HASEGAWA, M. and T. FURUKAWA: The light germination of forest tree seeds. (II) The effects of light illumination and low temperature on germination of Japanese black and red pine seeds. Jour. Jap. For. Soc. 37 (1), (1955) p. 6~7.
- 12) HATTORI, S. and T. SHIBUYA: The sugars in the seeds and seedlings of *Pinus Thunbergii*. Arch. Biochem. Biophysics 34 (1), (1951) p. 121~134. (Bot. Mag. Tokyo, 64, (1951) p. 137~145.)
- 13) 井草俊一: 低温処理の林木種子発芽促進効果に関する実験的研究, 日林誌 25, (1943) p. 117~126.
- 14) 小山光男: 林木種子の発芽に要する最適温度, 林試報 8, (1909) p. 1~20.
- 15) ———: 樹木種子の発芽試験方法に就て, 日林誌 9, 3, (1927) p. 41.
- 16) 戸沢又次郎ほか: 主要林木種子の発芽促進に関する試験 (I), 朝鮮林試報 1, (1924) p. 1~70.
- 17) ———, 浅川巧之: ——— (II), 同上 5, (1926) p. 1~25.
- 18) WENT, F. W.: The effect of temperature on plant growth. Ann. Rev. Plant Physiology 4, (1953) p. 347~362.

**Germination of the Seeds of *Pinus densiflora* and *P. Thunbergii*  
with Special Reference to Temperature.**

Sumihiko ASAKAWA

(Résumé)

There have already been many reports in which the germination of *Pinus densiflora* and *P. Thunbergii* seeds was discussed. So this study was designed to make research within narrow limits at the start. The primary object was to ascertain whether the better germination of these seeds could be brought about by compound stratification, which showed a marked effect on hastening the germination of *P. koraiensis* seeds<sup>1)</sup>. In the course of the study, however, some new questions were raised in turn.

**Materials**

	<i>P. densiflora</i> seeds	<i>P. Thunbergii</i> seeds
Preliminary experiment	Kasama Nat. For. (1953) in Ibaragi Pref.	Mito Nat. For. (1953) in Ibaragi Pref.
Experiment I	Kôhu Nat. For. (1953) in Yamanashi Pref.	Yokohama Nat. For. (1953) in Aomori Pref.
Experiment II	Numakunai Nat. For. (1955) in Iwate Pref.	Sendai Nat. For. (1955) in Miyagi Pref.
Experiment III	Tomiooka Nat. For. (1955) in Fukushima Pref.	Mito Nat. For. (1955) in Ibaragi Pref.

All seeds were kept in envelopes made of brown paper at room temperature till they were used for each experiment. Parenthesized numbers show a crop year.

**Methods**

**Pretreatment:** Most of the seeds were treated under moist condition in 9 *cm.* petri dishes at a given temperature with soaking for the first 24 hours. The incubators of 25°C. (25±1°C.) and 2°C. (2±1°C.) were used for treating. During treating at 25°C. the seeds were washed by tap water every 24 hours in order to keep them from getting moldy. The seeds treated in such a manner were transferred to a seed bed at the end of pretreatment. On the other hand, the seeds were pretreated on their seed bed in the experiments 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. The sign “D” of DRT, D2(x), and D15(y) indicates that the seeds were kept dry till germination test. RT stands for keeping at room temperature, and 2 of D2 and 15 of D15 stand for keeping at 2°C. and 15°C., respectively. In the latter case, parenthesized numbers, x and y, show the time in days at each temperature.

**Seed bed:** (i) Porous clay dish (CD). Two of the porous clay dishes (ca. 20 *cm*×24 *cm*) are kept in a zinc vessel with tap water. 500 seeds were usually sown on each clay dish.

(ii) Filter paper (FP). Filter paper, No. 2 of Tōyō Filter Paper Co., is spread over slide glasses in a 10.5 *cm* petri dish, where its edges are soaked in tap water. 100 seeds were usually sown in each petri dish.



(iii) Agar (A). 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.

**Germination:** The incubators at 25°C. ( $25 \pm 1^\circ\text{C}.$ ), 15°C. ( $15 \pm 1^\circ\text{C}.$ ), and 8°C. ( $8 \pm 1^\circ\text{C}.$ ) were used in this study. Petri dishes under alternating temperatures were transferred from one incubator to the other at 9.00 a.m. and 5.00 p.m., so the temperature of each incubator was forced to have a variance caused by such a transfer, though passing, besides a variance due to its regulator.

### Results

Preliminary experiment: Fig. 1~Fig. 3.

Experiment I: Fig. 4~Fig. 7.

Experiment II: Fig. 8~Fig. 12.

Experiment III: Fig. 13~Fig. 16.

### Discussion

There have been numerous papers on the effect of the simple low-temperature treatment on seed germination. Though it is reported that such a treatment also has a hastening effect on the seeds showing a markedly delayed germination<sup>5)</sup>, it seems that its effect is inferior to that of the compound stratification as revealed in the writer's work<sup>1)</sup> with *Pinus koraiensis* seeds. From this work it is suggested that the processes occurring at low-temperature are favorably affected by the high-temperature prior to it. In applying this compound stratification for *P. densiflora* and *P. Thunbergii* seeds, a question arose as to how to modify the period at high temperature. The chemical changes occurring in seeds after bedding have been studied with *P. Thunbergii*<sup>8) 9) 12)</sup>. These results have shown that the qualitative changes were going on after four days though the quantitative ones did not yet appear. The period at high temperature was determined on the basis of this information and water absorption curve<sup>6) 7)</sup>.

The effect of pretreatments on germination proved to vary with seed beds, of which a porous clay dish seems to supply a small quantity of water, and on the other hand the bed of filter paper seems to supply a large quantity. In the former the germination of the seeds of both species was hastened by pretreatments, and especially the compound treatment showed the superior effect as compared with the simple one in the case of *P. Thunbergii* seeds. On the other hand, the germination was unfavorably affected by the pretreatments in the latter. As water supply in the nursery is rather akin to that in the former bed, the following methods of pretreatment may be recommended in nursery practice: the simple low-temperature pretreatment of 7 to 10 days for *P. densiflora* seeds, and the compound pretreatment of 4 days at 25°C. followed by 4 to 6 days at 2°C. for *P. Thunbergii* seeds.

It is said that since the minimum temperature required for germination is lowered as after-ripening proceeds, germination will occur at the temperature of stratification when its period becomes too long<sup>1)</sup>. Then the writer sought to ascertain whether the lengthened period of pretreatment will lower the minimum temperature for the germination of these seeds. Figures 9 and 10 show that no marked difference is found within the adopted length of treatment period.

The optimal temperature for the germination of *P. densiflora* seeds seems to be rather lower than that of *P. Thunbergii* seeds (Figures 9, 10, & 16).

II and V in Fig. 8 and Fig. 11 show that the germination of both seeds, especially those of *P. densiflora*, are affected by the temperature during dry storage when the period for storage is prolonged. In this experiment moisture was not controlled, so it is open to question whether the result in Fig. 11 was brought about only by the effect of temperature. But these seeds had best be kept at low temperature with regard to Goo's guess<sup>9)</sup> that it may be necessary for *P. densiflora* seeds to experience low temperature in order to reach better germination.

HASEGAWA and FURUKAWA<sup>11)</sup> have reported the possible relationship between the effects of low temperature treatment and light with *P. Thunbergii* and *P. densiflora* seeds. The results shown in Figures 12 and 13 suggest that the effect of alternating temperatures seems to be related with these effects. The writer has already reported the possible thermoperiodic responses in the germination of *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* seeds<sup>2)</sup>. It is recognized from Figures 14 and 15 that these seeds may also behave thermoperiodically, though less characteristic, in relation to germination. Such a behavior is more remarkable in *P. densiflora* seeds than in *P. Thunbergii* ones. In the former this thermoperiodic response seems to be substituted for the effect of low-temperature pretreatment, whereas in the latter the response seems to be strengthened by it. These facts suggest the possible relation between the mechanism requiring the special temperature condition for germination and the processes affected by low-temperature pretreatment.

### Summary

(1) The germination of *Pinus densiflora* and *P. Thunbergii* seeds is affected by compound temperature pretreatment—warm by cold stratification. Under less water supply the germination energy of *P. Thunbergii* seeds is raised, whereas under greater water supply the germination of these seeds, especially those of *P. densiflora*, is badly affected by such a pretreatment. Treating methods in practice will be recommended from these results.

(2) Pretreated seeds germinate more quickly and better in a lower temperature than non-treated seeds.

(3) These seeds seem to be affected by storage temperature even under dry condition during prolonged period. It is desirable that the seeds should be kept at a low temperature if possible.

(4) The seeds of *P. densiflora* seem to germinate at a lower temperature than those of *P. Thunbergii*.

(5) These seeds, especially those of *P. densiflora*, germinate better at 25°C. (8 hrs.) ~15°C. (16 hrs.) than at 25°C., which suggests that these seeds are temperature-sensitive.

(6) As described above, the germination of these seeds is affected by alternating temperatures besides light and low-temperature pretreatment, the effects of which have been already reported. Such a temperature-sensitivity in germination is more remarkable in the seeds of *P. densiflora*, where this response to alternating temperatures seems to be substituted, at least partially, for the leading effect of low-temperature pretreatment to light-sensitivity.