

ヤチダモのタネの発芽遅延についての研究 (第6報)

土中埋藏の効果に関連した 2, 3 の実験^{*1}

浅 川 澄 彦¹⁾

1. この研究はどのようにみちびかれたか

“みのりきらないヤチダモのタネを、とりいれてすぐに土中埋藏するかトリマキすれば、あくる年の春およそ 50 % 発芽するが、よくみのつてからとつたタネは、おなじようにしてもあくる年の春にはほとんど発芽しない”。これは、これまでの研究者たちのほとんどがしめした結論であるが、かれらはその原因をタネの性質がかわることにもとめている。そしてこのような性質の変化は、タネの成熟ともなう乾燥やとりいれてからの乾燥によつてもたらされるとかんがえられてきた^{8) 11)}。しかし、このガンガエカタをうらづけるような研究はほとんどないので、はたしてこの現象がタネ自身の性質のチガイによつているかどうかを、しらべなおす必要があるとかんがえた。

これまでの研究にみいだされる一つの問題点は、うえのようなカンガエカタをたしかめる実験に、発芽促進の方法として土中埋藏やトリマキをもちいていることである。筆者は第5報¹⁾で、湿層処理のあいだの温度条件が、このタネの発芽促進を左右する重要な因子であることをあきらかにしたが、その結果は、土中埋藏の効果の重要な因子を、地温にもとめなければならないことをしめしている。ところでタネがうめられるあたりの地中温度は、気温ほどではないにしても、その変化にもなつてやはりかなりの変化をしめす⁹⁾から、うえのような実験にはその影響があらわれることを予期しなければならない。こころみに地下 50 cm の温度が問題の土中埋藏の時期にどのようにかわるかをしらべてみると、Fig. 1 のようであ

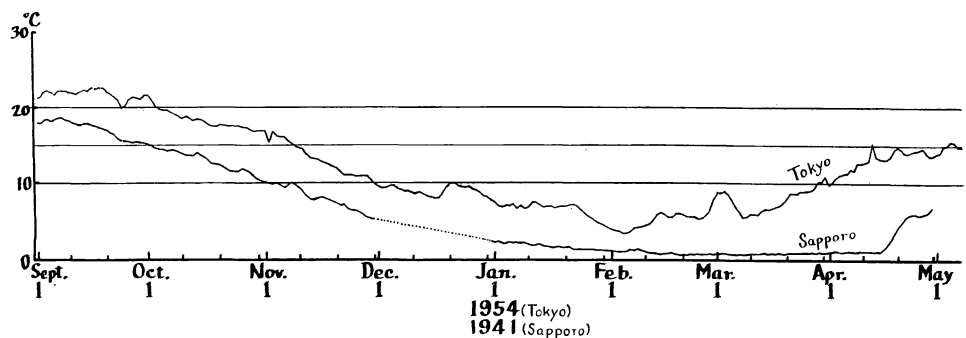


Fig. 1 秋のはじめから春までの地下 50 cm の温度の変化^{*2}
Changes of underground temperature at the depth
of 50 cm from autumn to spring.

^{*1} この報告の一部分は、第 66 回日本林学会大会 (1956 年, 9 月) で発表した。

^{*2} 1953~1954 (Tokyo) のデータは、森林気象研究室太田巖技官が林業試験場構内で測定されたものであり、1940~1941 (Sapporo) のデータは、札幌測候所で測定されたものである。

(1) 造林部造林科種子研究室員

つた。このような地温の変化と発芽促進の効果との関係についてかんがえるにあたつては、クミアワセ湿層処理の高温期と低温期にたいする温度域が、はたしてそれぞれどのくらいであるかをしなくてはならない。前報³⁾の実験では高温に 25°C だけをつかつたにすぎないが、STEINBAUER¹⁰⁾の実験結果からかんがえて、高温期におこる反応はもつとひくい温度でも十分にすすむものらしいから、9月のはじめに土中埋蔵したタネにみいだされる発芽促進の効果は、埋蔵してからしばらくのあいだの、およそ 10°C~15°C の地温によつていのではないかならうかとかんがえた。一方前報³⁾で、8°C 以下での湿層処理はほとんど効果がなことがわかつたから、11月(札幌)あるいは 12月(東京)にはいつてからの土中埋蔵が効果をしめさないのは、温度条件だけからかんがえてもまつたくあたりまえのことである。トリマキの場合には地表の温度が地中温度よりもはやかつ急にひくくなるから、こういう時期はもつとはやくなるものとおもわれる⁹⁾。

うえのようなカンガエカタをとりまとめて、つぎのような作業仮説をもうけた。すなわち、*"実質的に成熟をおわた*1 ヤチダモのタネは、おなじ処理条件にたいしておなじように反応するはずである**"*。したがつて、これまでに報告されているトリイレ時期別のタネのあくる年の発芽結果のチガイは、タネ自身の休眠状態のチガイによるとかんがえるよりも、おもに地温の変化によつていのかんがえなければならぬ。こうして第1に、タネの性質がトリイレ時期やとりいれてからの放置期間によつてかわるかどうか、第2に、湿層処理の高温期および低温期の温度域がそれぞれどのくらいか、という2つの問題をあきらかにするためにこの実験をくわだてた。

2. 材 料

この実験につかつたヤチダモのタネは、長野県諏訪郡富士見町にある諏訪営林署立沢苗畑のちかくの、天然生樹令およそ 50~60 年の2本のオヤ木からとられた。実験はすべてオヤ木別、トリイレ時期別におこなつた。オヤ木は〔北〕および〔南〕とよび、トリイレ時期は I (1955 年 8 月 25 日)、II₁ (9 月 10 日)、III (9 月 30 日)、および IV (10 月 20 日)とする。また II₁ については、とりいれてから 3 カ月目 (II₂)、と 6 カ月目 (II₃) にもほとんどおなじ実験をおこなつた。

3. 含水率の変化

ヤチダモのタネの成熟にともなう含水率の変化については、高樋・豊岡¹¹⁾および原田⁷⁾の報告がある。原田はその報告のなかで、成熟にともなうオモサの変化とあくる年の発芽率とのあいだに相関関係があるとのべているが、9月のなかごろからオモサがへるのは含水率がへるためであり、成熟しつつあるときのオモサの増加とは質的にことなる変化である。したがつて、このような相関はたんにミカケだけのものにすぎないとおもわれる。むしろそれらの結果は、高樋・豊岡がかんがえたように、含水率がへることとむすびつけたほうが合理的である。そこでこの実験でも含水率の変化をしらべてみた。2本のオヤ木について Fig. 2 のような結果をえたが、それぞれのオヤ木で絶対値こそちがうが、含水率がへつていく傾向は

*1 タネがみのる時期をはつきりすることはむずかしいが、たとえば時期別にとつたタネの発芽結果からおよそおしはかることができる。こういう方法によつて、発芽率がもはやふえなくなつた時期を意味している。

**2 このことは集団としてかんがえてのはなしで、一つ一つのタネの成熟の程度にはもちろんバラツキがある。

きわめてよくにている。いずれも9月10日をすぎると急に含水率がへり、ひとりでにオヤ木からはなれる10月20日ごろには、とりいれてから放置しておいたタネの平衡含水率とたいしてちがわなくなる。そしてこのような含水率の変化は、針葉樹のタネの場合⁶⁾とはいづらかことなっている。

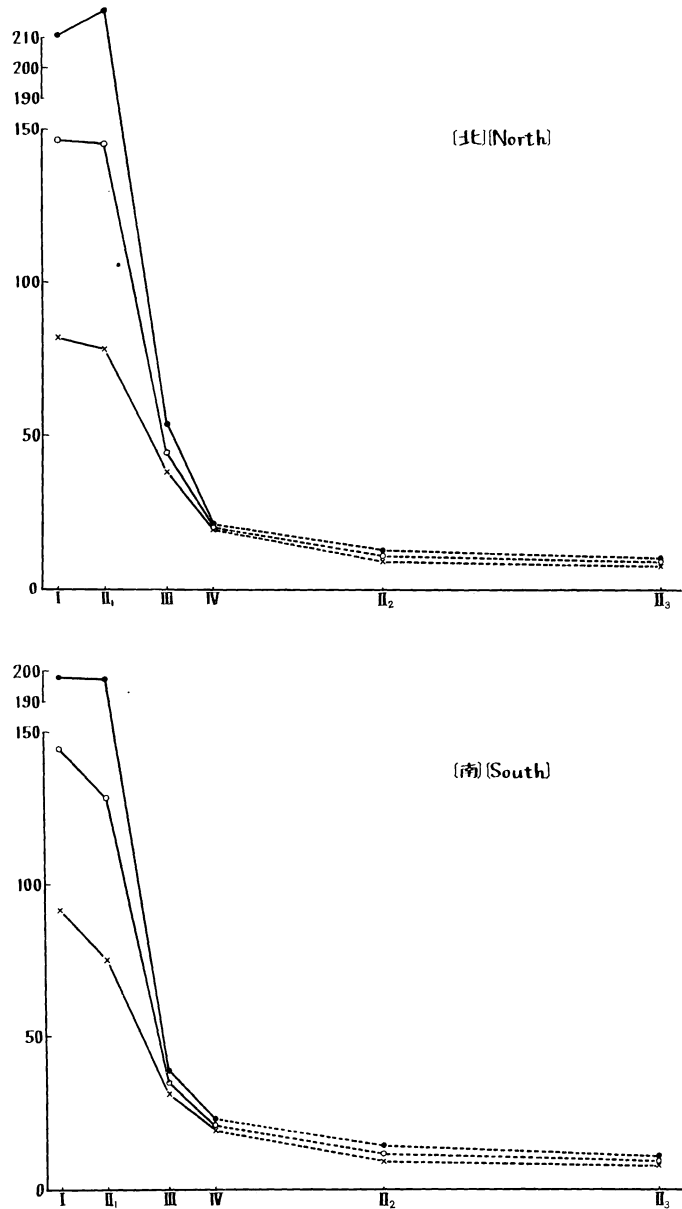


Fig. 2 時期別のミ (○), タネ (×), および果皮 (●) の含水率, 縦軸: 乾燥物質のオモサにたいする含水率 (%)

Changes in water content of fruits (○), seeds (×), and pericarps (●) as collection time is delayed.
Ordinates: water content in percentage to dry matter weight.

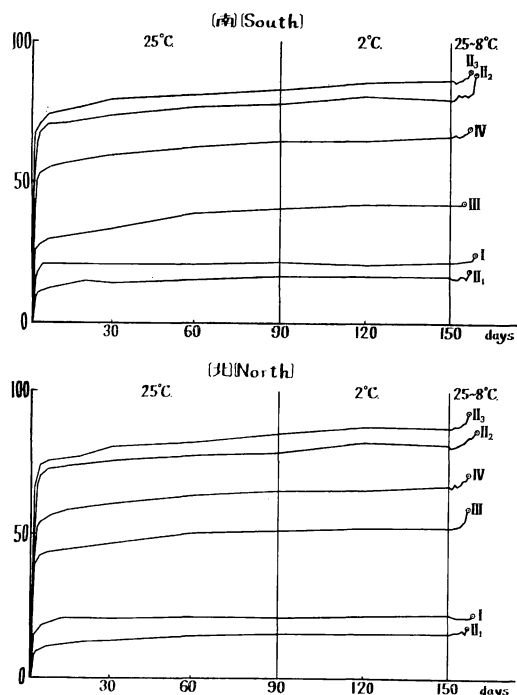


Fig. 3 発芽床においてから発芽するまでの時期別のタネの吸水曲線、縦軸：はじめのオモサに対する吸水割合、横軸：発芽床においてからの日数、●は幼根が屈地性をしめた日をあらわす。

The processes of water absorption by the seeds collected at the different times.

Ordinates: water intake in percentage to original weight. Abscissae: time in days after bedding. ● shows the day when a radicle showed geotropic curvature.

のに、吸水曲線は2本のオヤ木ともIがII₁のうえにあることである。このことから、発芽床におくまえにタネ自身にふくまれていた水分をもあわせて、タネが発芽するのに必要とする水分の量が、かならずし

4. 吸水経過の比較

ヤチダモのタネの吸水のハヤサは、タネが乾燥するにつれてはじめの部分はむしろはやくなるが、曲線の型はほとんどかわらないことを第4報²⁾にのべた。ここでは2本のオヤ木の6つの時期のタネについてこの関係をもう一度くわしくしらべた。Fig. 3は、それぞれの時期の20コのタネの吸水経過の平均をもとめ、それにもつともよくにた1コのタネの発芽までの吸水経過をしめしている。この図から、いずれの時期のタネも、発芽に必要な水分のほとんどを、発芽床におかれてから2、3日のあいだにすることができ、したがって第4報²⁾にのべた、このタネの発芽遅延の原因を吸水現象にもとめることはできない点がたしかめられた。また第2段階でのオモサの増加が、乾燥にともなつておおきくなるということもたしからしい。したがって、タネの乾燥が発芽遅延にまつたく関係がないとはいいいきれない。

Fig. 3 をみて一つ意外におもわれる点はFig. 2 にしめされている含水率はIがII₁とおなじ([北])か、あるいはおおきい([南])

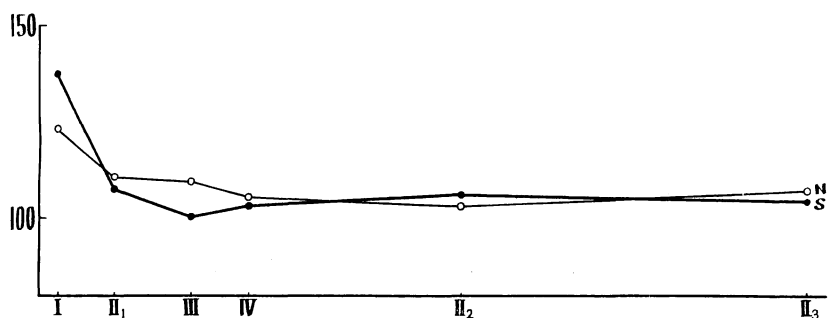


Fig. 4 時期別のタネの発芽に必要な水分、縦軸：乾燥物質のオモサにたいする水分の割合 Water necessary for germination to dry matter weight. Ordinate: water in percentage to dry matter weight. N: [North]; S: [South].

もつねに一定ではないようにおもわれた。そこでそれぞれの時期のタネについて発芽に必要な水分が乾燥物質のオモサにたいしてどんな割合にあるかをしるために、Fig. 2 と Fig. 3 から Fig. 4 をみちびいた。この図にしめされているように、発芽に必要な水分すなわち発芽するときの含水率は、I だけあきらかにたかい値をしめしているが II₁ からあととはほとんどおなじとかんがえることができる。これがなにを意味しているかを、これだけの実験からおしはかることはむずかしいが、おそらくはタネの成熟度のチガイによつているのであろう。

5. とりいれてからすぐにはじめた発芽試験

それぞれの時期にとりいれたタネを、すぐに発芽床において 25°C と 25°C (8 時間)~8°C (16 時間)——これからあと 25~8°C とする——で発芽試験をおこなつた。しかし、これまでのおおくの研究から

Table 1. とりいれてからすぐにはじめた発芽試験
Germination test started just after collecting.

オヤ木 Mother tree	トリイレ時期 Collection time	はじめの 3 カ月間の温度 Temperature during 3 months after bedding	つづく 2 カ月間の温度 Temperature for the following 2 months	25~8°C にうつしてから 3 週間の発芽率 Germination percent in 3 weeks at 25~8°C. after 5 months
〔北〕 〔North〕	I	25°C	2°C 25°C	92 0
		25~8°C	2°C 25~8°C	20 0
	II ₁	25°C	2°C 25~8°C 25°C	94 0 0
		25~8°C	2°C 25°C 25~8°C	5 0 0
	III	25°C	2°C 25°C	100 0
		25~8°C	2°C 25~8°C	15 0
	IV	25°C	2°C 25°C	97 0
		25~8°C	2°C 25~8°C	13 0
〔南〕 〔South〕	II ₁	25°C	2°C 25°C	96 0
		25~8°C	2°C 25~8°C	17 0
	III	25°C	2°C 25°C*	90 0
		25~8°C	2°C 25~8°C	15 0
	IV	25°C	2°C 25°C	96 0
		25~8°C	2°C 25~8°C	20 0

*発芽床においてから 3.5 カ月目に 1 コー—100 コのなかで——発芽した。

Only one seed in one hundred germinated after 3.5 months from bedding.

予期されたように、〔南〕Ⅲのタネが 25°C におかれてから 3.5 カ月して例外的に 1 コ——100 コのなかで——発芽したにすぎなかつた。こういう結果を予想していたので、Table 1 にしめすように、発芽床のままいろいろな温度条件をあて、5 カ月してからいずれも 25~8°C にうつし発芽状況をみた。

6. 湿層処理の効果の比較

それぞれの時期にとりいれたミを、そのままのものと果皮をとつたタネとにわけて、第5報³⁾とまつたくおなじ方法ですぐに湿層処理をはじめた。ただしⅡ₂ およびⅡ₃ は、果皮をとつたタネだけについておこなつた。

6.1 湿層処理のあいだのタネのなかでの胚の成長

湿層処理をはじめると、処理をはじめてから 1 カ月ごとに胚長比をはかり、タネのなかでの胚の成長をくらべた (Table 2)。この表は、いずれの時期のものにおいても、果皮が胚の成長をおくらせていることをしめしている。またトリイレ時期がおくれても、とりいれてから放置しておいても、湿層処理によるタネのなかでの胚の成長がのろくなることはない。しかしあとからのべる発芽促進の効果とおなじように、すべての時期のタネがかならずしもおなじ結果をしめさなかつた。このようなふぞろいな値をもたらした原因がなんであるかははつきりしないが、おそらくは部分的にしる湿層処理の条件によつてゐるか

Table 2. 湿層処理のあいだのタネのなかでの胚の成長：20コ of タネについての平均胚長比
Enlargement of encased embryos of the seeds collected at the different times
during stratifying at 25°C. (3 months)—2°C. (2 months): An average embryo
ratio of 20 seeds.

オヤ木 Mother tree	湿層処理のときの タネの状態 Condition for stratification	トリイレ 時期 Collection time	処理をはじめてからの月数 Time in months from the beginning of stratification					
			0	1	2	3	4	5
〔北〕 〔North〕	果皮をとつた タネ Seed	I	64.9	68.4	73.4	74.5	—	76.6
		Ⅱ ₁	68.6	70.6	75.7	81.5	83.9	83.8
		Ⅲ	65.7	69.1	69.4	69.7	74.0	74.9
		Ⅳ	64.5	71.7	76.6	79.7	78.4	80.9
	果皮をつけたま まのタネ Fruit	I	64.9	64.7	68.7	70.1	—	72.4
		Ⅱ ₁	68.6	69.3	71.9	74.2	75.7	74.7
		Ⅲ	65.7	66.7	68.0	68.9	68.9	69.7
		Ⅳ	64.5	70.7	72.5	74.9	74.9	76.7
		I	72.1	78.9	85.6	87.2	—	90.1
		Ⅱ ₁	72.2	78.8	86.2	88.1	86.0	88.5
		Ⅲ	73.8	81.1	84.2	83.0	87.3	85.2
		Ⅳ	73.5	79.9	86.6	88.1	87.9	89.7
〔南〕 〔South〕	果皮をとつた タネ Seed	Ⅱ ₂	75.0	83.1	84.5	88.6	87.7	91.2
		Ⅱ ₃	77.1	84.6	83.5	88.1	88.7	89.4
		I	72.1	73.5	77.7	78.9	—	84.4
		Ⅱ ₁	72.2	77.7	78.9	79.3	82.2	85.1
		Ⅲ	73.8	75.3	79.7	78.6	81.7	81.1
		Ⅳ	73.5	79.4	80.3	82.0	82.9	87.0
	果皮をつけた まのタネ Fruit	I	72.1	73.5	77.7	78.9	—	84.4
		Ⅱ ₁	72.2	77.7	78.9	79.3	82.2	85.1
		Ⅲ	73.8	75.3	79.7	78.6	81.7	81.1
		Ⅳ	73.5	79.4	80.3	82.0	82.9	87.0

もしれない。たとえば、水ゴケによる水分供給の状態をつねに一定にたもつことはむずかしく、したがって、もつとこまかい結論をひきだすための実験においては、湿層処理のための媒質をかんがえなおす必要がある。

6.2 湿層処理のあいだの胚の休眠状態の変化

6.1 で胚長比をしらべた タネからとりだした胚の成長を、これまでの報告とまづたくなじようにして観察した。その結果を Table 3 にしめすが、胚のタネのなかでの成長とおなじように、この場合にも

Table 3. 湿層処理のあいだの胚の性質の変化：とりだしてから5日目の状態をしめす

Behavior of 20 excised embryos from the seeds collected at the different times on the 5th day after excising. Upper line: A; lower line: B. A and B are explained in the second paper.

オヤ木 Mother tree	湿層処理のときの タネの状態 Condition for stratification	トリイレ 時 期 Collec- tion time	処理をはじめてからの月数 Time in months from the beginning of stratification					
			0	1	2	3	4	5
〔北〕 〔North〕	果皮をとつた タネ Seed	I	0 0	0 0	1 0	0 4	—	16 1
		II ₁	0 0	5 4	5 2	13 3	20 0	20 0
		III	0 0	1 2	3 15	5 4	17 2	20 0
		IV	0 0	1 6	3 4	13 1	20 0	20 0
	果皮をつけた ままのタネ Fruit	I	0 0	0 0	1 2	3 6	—	20 0
		II ₁	0 0	0 0	4 1	5 2	17 0	20 0
		III	0 0	0 0	3 10	7 7	19 1	20 0
		IV	0 0	0 3	5 2	7 0	13 4	20 0
〔南〕 〔South〕	果皮をとつた タネ Seed	I	0 0	0 1	2 5	7 4	—	17 2
		II ₁	0 0	1 0	10 3	10 2	20 0	20 0
		III	0 0	1 2	12 3	15 3	19 1	17 2
		IV	0 0	8 8	12 3	15 2	20 0	20 0
		II ₂	0 0	12 5	14 3	18 1	20 0	20 0
		II ₃	0 0	6 7	9 5	15 3	20 0	18 1
	果皮をつけた ままのタネ Fruit	I	0 0	0 1	2 3	7 7	—	20 0
		II ₁	0 0	0 0	3 2	3 2	9 2	20 0
		III	0 0	0 0	1 4	4 3	14 5	18 1
		IV	0 0	0 0	1 3	6 5	9 1	20 0

トリイレ時期やとりいれてからの期間の影響があるとはおもわれない。また I をのぞいて果皮の阻害的な影響がみとめられたから、第3報¹⁾にのべたような果皮にふくまれる阻害物質は、タネがみのりきつてからできるものかもしれない。

第5報²⁾では、高温期から低温期にうつされたタネのなかで、ひきつづいて胚の成長や休眠状態の変化がおこるかどうかという点について、はつきりふれることができなかった。しかし Table 2 および Table 3 にしめす結果は、ひとたび高温期をへてこういう過程が誘発されれば、低温期にさえひきつづいてすすむことをしめしている。

6.3 湿層処理をしたあとの発芽結果

25°C に3カ月、2°C に2カ月あわせて5カ月のクミアワセ湿層処理をおわつたそれぞれの時期のタネは、すべて果皮をとりのぞいて 25°C、25~8°C、および 15°C の3つの条件で発芽させた。それぞれの区に50コを4組あて、それらの発芽結果の平均を Fig. 5 にしめす。発芽促進の効果においても、胚の

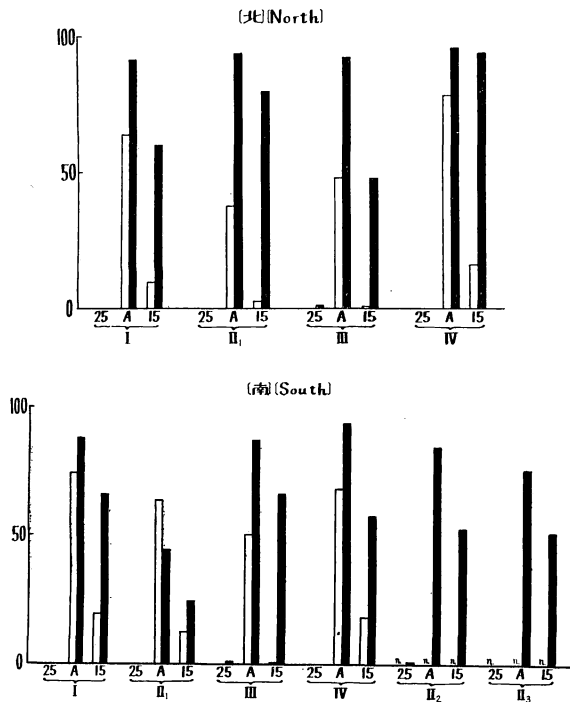


Fig. 5 おなじ湿層処理 [25°C (3 カ月) - 2°C (2 カ月)] による時期別のタネの発芽促進結果、縦軸：発芽率(%), 発芽温度：25 (25°C); A [(25°C (8 時間) ~ 8°C (16 時間)); 15 (15°C), しろい柱：ミのまま処理したもの, くらい柱：果皮をのぞいてから処理したもの

The effect of the compound stratification [25°C. (3 months) - 2°C. (2 months)] on the germination of the seeds collected at different times.

Ordinates: germination percent. Temperature condition for germination: 25 (25°C.); A [25°C. (8 hrs.) ~ 8°C. (16 hrs.)]; 15 (15°C.). White column: stratified with pericarps. Black column: stratified without pericarps.

成長などとまつたくおなじように、

トリイレ時期やとりいれてから放置した期間の影響をみいだすことはできない。したがって 1 にのべた仮説はただしいことが証明された。そして 3 にしめした含水率の変化とかがえあわせると、これまでのいくにかの研究者たちが提出した、タネの乾燥にともなつて休眠がふかくなるというカンガエカタは否定された。それにしても全体をみてきがつくことは、発芽率のふぞろいなことである。ことに [南] の II₁ では、果皮をのぞいて処理したタネのほうが、果皮のまま処理したタネよりも低い発芽率をしめした (25~8°C)。

このようなふぞろいな結果をもたらした原因はまつたくあきらかではなく、ことに Table 2 および Table 3 にしめした胚の性質とのあいだにほとんど相関をみとめることができないという事実は、第5報²⁾でもふれたように、胚にみられるこれらの性質がこのタネの発芽遅延現象において、さほど重要な位置にないことを暗示している。

7. いろいろな温度条件での湿層処理の効果

第2の問題は、湿層処理の温度条件をくわしくしらべることであつたが、設備の関係で 25°C, 15°C, 8°C および 2°C の4段階しかつくりができなかつた。〔北〕の IV のタネを、1955 年 12 月 16 日にこれまでとまったくおなじ方法で湿層処理しはじめ、それぞれの温度条件においた。

7.1 タネのなかでの胚の成長と休眠状態の変化

6.1 および 6.2 とおなじようにして Table 4 および Table 5 をえた。これらの表をみると、タネのなかでの胚の成長や休眠状態の変化にあずかっている反応過程には、25°C よりも 15°C あるいは 25°C

Table 4. いろいろな湿層処理温度でのタネのなかでの胚の成長：20コのタネについての平均胚長比

Enlargement of encased embryos at the different temperature conditions during stratification: An average embryo ratio of 20 seeds.

湿層処理温度 Temperature condition during stratification	処理をはじめてからの月数 Time in months from the beginning of stratification					
	0	1	2	3	4	5
25°C(3)–8°C(2)					—	94.4
25°C(3)–2°C(2)		74.3	79.9	80.3	81.5	83.2
15°C(3)–8°C(2)					—	98.8
15°C(3)–2°C(2)	64.5	74.1	88.1	96.3	95.1	95.9
8°C(3)–2°C(2)		—	—	—	—	85.9
[25~8°C](3)–2°C(2)		75.0	89.7	91.1	94.2	93.2

Table 5. いろいろな温度で湿層処理されたタネからとりだした胚の性質の変化：とりだしてから5日目の状態をしめす

Behavior of 20 excised embryos from the seeds stratified at the different temperature conditions on the 5th day after excising. (see Table 3.)

湿層処理温度 Temperature condition during stratification	処理をはじめてからの月数 Time in months from the beginning of stratification					
	0	1	2	3	4	5
25°C(3)–8°C(2)		8 5	10 3	12 5	—	20 0
25°C(3)–2°C(2)					19 0	20 0
15°C(3)–8°C(2)					—	20 0
15°C(3)–2°C(2)	0 0	6 3	19 0	20 0	20 0	18 1
8°C(3)–2°C(2)		—	—	—	—	12 2
[25~8°C](3)–2°C(2)		11 1	18 0	20 0	19 0	19 0

8°Cのほうが適当であることがわかる。後者のような温度で処理されたタネからとりだした胚は、25°Cでのものに比べてずっとふとく黄色味をおびていた。また6.2でのべた、ひとたび誘発された高温期反応は、たとえずっとゆつくりではあれ低温期にもひきつづきすすむということが、ここにもはつきりみられる。ことにこのことは、あとにくる低温期の温度がたかい場合にいちじるしい。

7.2 発芽促進の効果

湿層処理温度のチガイは、Table 6 にしめすようないろいろな促進効果をしめた。すなわち高温期

Table 6. いろいろな温度で湿層処理されたタネの
25~8°Cでの発芽結果

Germination results at 25~8°C of the seeds stratified at the different temperature conditions.

湿層処理条件 Temperature (months)	3週間の発芽率 Germination percent in 3 weeks
25°C(3)–8°C(2)	76
25°C(3)–2°C(2)	94
25°C(2)–2°C(2)	100
15°C(3)–8°C(2)	35
15°C(3)–2°C(2)	51
15°C(2)–2°C(2)	45
8°C(3)–2°C(2)	44
[25~8°C](3)–2°C(2)	38

の温度として25°Cをもちいたときに、15°Cや25~8°Cをもちいた場合よりもたかい発芽促進の効果をえた。これは胚にあらわれた変化の場合とまったく逆な関係にあり、したがって両者のあいだに有意な相関をもとめることはますますむずかしくなつた。第5報³⁾で、湿層処理によつてヤチダモのタネがうける影響を、高温期に胚の休眠がやぶれる過程と、そのあとの低温期に胚の成長力がたかめられる過程の2段階にわけた。タネのなかでの胚の成長やとりだされてからの成長状態は、すくなくとも第1の過程となんらかの関係をもつていそうにおもうが、ここにえた結果は、これらのあいだにさえ単純な相関を予

期できないことをしめしている。

高温期の温度がおなじ場合には、あとにくる低温期の温度がひくいほうが効果がおおきく、また低温期に2°Cにおけば、高温期に8°Cをもちいてもかなりの効果がみとめられる。8°Cあるいは2°Cだけで処理した場合にはほとんど効果がみとめられなかつたのに——もつとも、材料がちがうから厳密にはくらべることはできないが。

いずれにしても Table 6 にしめす結果は、1 にのべた仮説からみちびかれた土中埋蔵の効果についての筆者のカンガエカタを支持しているようにおもわれる。ただ原田⁷⁾の報告の表1にしめされている結果をみると、新妻³⁾の結果にくらべ、9月のおわりに急に発芽率がちいさくなつてゐるが、これが事実とすれば、うえのような温度条件の効果だけでは説明できなくなる。

7.3 いろいろに湿層処理したタネからとりだした胚の苗木への成長

第5報からこの報告にわたつてしめたいろいろな実験結果も、湿層処理のあいだに胚のなかですすむ変化の実体については、残念ながらほとんどテガカリをあたえていないといわざるをえない。ただ山崎たち¹²⁾が小麦などのタネにもちいている胚移植法は、この問題をときはごしていくうえの一つの道をしめしている。一方 ZELINKOVA *et al.*¹³⁾が、オウシウヤチダモの処理しないタネからとりだした胚を、とりだしてからしばらくのあいだ連続光をあてて光合成をはじめさせ、そのあとをうまく管理することによつて苗木までそだてた実験も、この問題に関連した興味ある研究である。

そこで筆者は、ZELINKOVA *et al.* の実験の追試をもかねて、(i) なにも処理しないタネ、(ii) 高温湿

層処理だけおわつたタネ, および (iii) クミアワセ湿層処理をおわつたタネから胚をとりだし, それらの成長の状態を観察した。(i)の胚についてはおよそ ZELINKOVA *et al.* の方法にしたがい, あらかじめ 48 時間水道水につけたタネから, (ii) とおなじ日 (1956 年 3 月 16 日) にとりだした胚を, ペトリ皿にいたしめらした綿のうえにおき, 20°C ぐらいにたもちながら連続光 (100 W・50 cm) をあてた。緑色になつてからしばらくたつた胚は, 砂あるいはローム (これらのあいだにはほとんどチガイがみとめられない) をいれたポットにうつしたが, ひきつづき連続光をあて温度もおよそ 20°C にたもつた。(ii) は 7.1 Table 5 の 3 カ月目の観察をおわつた胚に, 6 日目からおよそ 20°C で連続光をあて, 5 日してから一斉に砂をいれたポットにうつして (i) とおなじ条件においた。胚をとりだしてから 1 カ月目 (4 月 16 日) に, (i), (ii) とともにポットのままガラス室にだし, ここに 1 カ月おいてから 5 月 16 日に苗畑にうえかえた。(iii) は 7.1 Table 5 の 5 カ月目の観察をおわつた胚を, (ii) とおなじようにして 11 日目にポットにうつしたが, 21 日目 (6 月 5 日) にポットのまま戸外にだし, 1 カ月目 (6 月 15 日) に苗畑にうえかえた。

(i), (ii) の成長の経過の一部と, その年の 9 月 2 日までの成長状態を写真によつてしめすが, まつたく処理していないタネからとりだした胚でさえ, うえのような方法によつて苗木にまでそだてられることがたしかめられた。ただ処理したタネからの胚にくらべれば, はじめの成長がずつとのろく, 苗木までそだてることができる率もまたちいさい。一方湿層処理した場合には, 高温期だけしかへないものも, 低温期までへたものとはほとんどおなじように成長する。ただこの場合にも, タネのなかでの胚の成長 (Table 4 および Table 5) にみられたように, 高温期の温度によつて, ことにはじめの成長にチガイがみとめられた。このような観察は, ヤチダモの休眠している胚が, 光合成を中心とした構成代謝をいとなむシクミをそなえていること, およびそのようなシクミをつよく回転させることによつて, かなりおおくの胚の休眠状態をやぶることができることを暗示している。ちかごろ, FLEMION⁵⁾がおなじような実験結果を報告しており, また BARTON⁴⁾は, 後熟させてない胚からそだてた生理的に矮性なリンゴのメバエの成長をギベレリン酸によつて促進できると報告しているから, 胚の休眠についての研究がとおからずおおく進展する可能性がある。

おわりに, 研究上の必要などでわりあいにくい苗木をしたてる場合には, つぎのような方法をすすめることができる。すなわち, 果皮をのぞいたタネをおよそ 15°C で 3 カ月湿層処理したのち, 胚をとりだしてしめらした綿や濾紙あるいは 0.5 % ぐらいの寒天のうえにおく。これを 20°C ぐらいにたもちながら 10 日間連続光をあてると, 胚軸から子葉にかけて緑色になり幼根がかなり成長するから, 砂をいれたポットにうつして温室におく。10 日間してからポットのままガラス室にうつし, ここに 10 日間おいてからポットのまま戸外にだし, 外気にならしたところで苗畑にうえかえる。こういう方法によつて, およそ 4 カ月で苗畑にうつせるような苗木をつくることができるから, とりかかる時期はそれぞれの土地の気象条件におうじて適当にきめる。

この研究のあいだみちびいていただいた造林部長坂口勝美博士, 研究室長柳沢聡雄技官^{*1}, 実験をてつだつていただいた田中ナミさん, タネをあつめるのに一方ならぬお力ぞえをいただいた諏訪営林署富士見担当区主任由井恵寿技官, および同署立沢苗畑の矢沢和臣氏の方々に心からお礼をもうしのべます。

^{*1} 現在, 北海道支場造林部育種研究室長

8. あ ら ま し

ヤチダモのタネの発芽におよぼす土中埋蔵の効果に関連して、トリイレ時期やとりいれてからの乾燥とタネの性質の関係、および湿層処理のあいだの温度条件について2, 3の実験をおこなつた。

- (1) タネおよび果皮の含水率は、9月10日から30日にかけて半分からそれ以下にへる。
- (2) トリイレ時期やとりいれてからの期間がちがつても、タネの吸水経過の型はほとんどかわらない。
- (3) 乾燥物質のオモサにたいする発芽に必要な水分の量は、8月25日にとつたタネだけはおおいが、9月10日からあとはほとんど一定である。
- (4) タネのなかでの胚の成長、胚の休眠がやぶれる過程、およびおなじ湿層処理条件による発芽促進の効果など、いずれもトリイレ時期やとりいれてからの期間によつてほとんど影響されない。
- (5) 高温期の温度として、胚の成長や休眠がやぶれる過程には15°Cがもつともよいけれども、発芽促進の効果については25°Cがもつともよい。一方低温期の温度としては8°Cよりも2°Cのほうがよい。したがつて、発芽促進のためのクミアワセ湿層処理には25°C—2°Cをとるべきである。
- (6) 湿層処理しないタネからとりだした胚も苗木までそだてることができるが、高温湿層処理をしてからとりだした胚のほうが、ずつと有効に確実にそだてることができる。

文 献

- 1) ASAKAWA, S.: Bull. Govt. For. Expt. Sta. **83**, (1956) p. 29~38.
- 2) ————: Ibid. **87**, (1956) p. 75~84.
- 3) ————: Ibid. **95**, (1957) p. 71~90.
- 4) BARTON, L. V.: Contrib. Boyce Thompson Inst. **18** (8), (1956) p. 311~317.
- 5) FLEMION, F.: Plant Physiol. **31** (Suppl.), (1956) p. iii.
- 6) Goo, M. & H. HIRAMATU: Bull. Tokyo Univ. For. **48**, (1955) p. 103~114.
- 7) HARADA, H.: Hoppô-Ringyô **31** (1951) p. 10~11.
- 8) NIIZUMA, G.: Jour. Jap. For. Soc. **22**, (1940) p. 453~457.
- 9) OKADA, T.: KISYÔGAKU I. Tokyo, (1941) p. 65~67.
- 10) STEINBAUER, G. P.: Plant Physiol. **12**, (1937) p. 813~824.
- 11) TAKATOI, I. & H. TOYOOKA: Trans. Hokkaido Branch Jap. For. Soc. **1**, (1952) p. 1~5.
- 12) YAMAZAKI, Y. & K. TORIYAMA: Kagaku **22**, (1952) p. 30~36.
- 13) ZELINKOVA, M. *et al.*: Sborník Cesk. Akad. Zemedelské **24**, (1951) p. 94~100. (Biol. Abstr. **27**. 17801. 1953)

図 版 説 明

- Plate 1. A~D1. (ii) の胚の成長経過—A: 2日目, B: 5日目, C: 10日目, D1: 2カ月目—をしめしている。1, 2, および3はそれぞれ25~8°C, 15°C, および25°Cで3カ月湿層処理されたタネからとりだした胚である。
- D2. (i) の胚の2カ月目の成長状態をしめしている。D1 よりもおおきくひきのばされている。
- Plate 2. E. 1956年9月2日にとられた胚からそだてられた苗木の写真。CONTROL および25(3)は、それぞれD2 および D1 の3からそだてられた苗木で、25(3)-8(2) および15(3)-(8(2)) は(iii) の胚からそだてられた苗木である。

**Studies on the Delayed Germination of *Fraxinus mandshurica* var.
japonica Seeds (6) The experiments with special reference
to the effect of burying-storage on germination**

Sumihiko ASAKAWA

1. Introduction

It has been said that *F. mandshurica* var. *japonica* seeds show a germination percentage of about fifty in the first spring if they be sown at about the beginning of September just after harvesting, but they do not germinate till the second spring after ripening. And the cause of such a phenomenon has been thought to be their dormancy deepened by drying up with the advance of ripening or after harvesting.³⁾¹¹⁾ There has been no experiment, however, to confirm this thought.

Though there have been some studies on the basis of which such a thought was introduced, burying-storage, or fall-sowing has been taken for hastening germination in them, which is unreasonable. Temperature condition during stratification has been proved to be an important factor affecting the hastening effect on germination³⁾, so the effect of burying-storage, or fall-sowing must be also due to underground or ground temperature, which is changeable. Accordingly, even from only this point of view, it is natural that the effect varies with the time to start burying-storage, or fall-sowing. For example, an underground temperature at the depth of 50 cm changes as shown in Fig. 1 from autumn to spring. Though the writer has not determined the temperature range for a high- or a low-temperature period in compound stratification, the result of the fifth paper³⁾ and Fig. 1 suggest that the effect of burying-storage from the beginning of September seems to be due to the period above 10°C.—15°C. followed by winter.

Thus the writer set up the working hypothesis that “substantially ripened seeds of *F. mandshurica* var. *japonica* are equally affected by the same pretreatment”. And based on this hypothesis, the difference among the germination results of the seeds collected and buried at the different times is thought to be due not to the difference of dormancy among them, but to the changing of underground temperature at the place where they were buried. So this experiment was designed to clarify firstly whether seed dormancy is affected by collection time or drying up after harvesting, and secondly how wide the range of temperature is for the high- or low-temperature period.

2. Materials

F. mandshurica var. *japonica* seeds were collected separately from two mother trees, about 50 to 60 years old, in Suwa National Forest in Nagano Prefecture. The mother trees are called [North] and [South], respectively. The collection on August the 25th (I), September the 10th (II), September the 30th (III), and October the 20th (IV) in 1955, was followed by a series of the experiments in 3 to 6 just after collecting. Using the seeds (II), the similar experiments were done on December

the 10th (II₂) in 1955 (after the lapse of three months), and on March the 10th (II₃) in 1956 (after the lapse of six months).

3. Change of Water Content

The change of water content due to ripening is shown in Fig. 2, in which the course along which it decreases proved to be nearly similar between two mother trees.

4. Process of Water Absorption by Seed

Fig. 3 shows the process of water absorption from bedding to germinating by the seed, that of which is the nearest to the average water intake ratio of 20 seeds. It is understood from this figure that these seeds can absorb most of the water necessary for germination in a few days after bedding irrespective of collection time, and that the delayed germination of these seeds is not caused by the difficulty of water absorption.

An unexpected fact in Fig. 3 is that the water absorption curve of I is above that of II₁ which caused the writer to think that the amount of water necessary for germination inclusive of water in seed itself before bedding is not always constant according to collection time. This supposition was ascertained by Fig. 4 derived from Fig. 2 and Fig. 3. That is to say, the water necessary for germination in percentage to dry matter weight is more in I than in the others. The difference may possibly be caused by that in ripeness of seed.

5. Germination Test just after Collecting

Germination tests were carried out at 25°C. and at the alternating temperatures of 25°C. (8 hrs.)~8°C. (16 hrs.)—to be denoted as 25~8°C. hereafter—just after collecting. As expected from previous works, however, only one seed germinated exceptionally in a series of the tests after three and a half months.

6. Effect of Stratification

Fruits and seeds began to be stratified just after collecting, separately. In II₂ and II₃, however, only seeds were stratified.

6.1 Development of encased embryos during stratification

Development of encased embryos is shown as an increase of embryo ratio in Table 2. From this table it was proved that the pericarps delay the development of encased embryos irrespective of collection time. On the other hand, this development during stratification seems to be independent of collection time or drying up after harvesting. But the result shown in this table is not always regular, one of the causes for which may be the faultiness in stratifying method.

6.2 Decrease of embryo dormancy during stratification

Table 3 shows the behavior of excised embryos at the different times of stratification. Like the development of encased embryos, the decreasing process of embryo dormancy seems also to be independent of collection time or drying up after harvesting. But the inhibitive effect of the pericarps on this decreasing process could not be found in the material of I.

Though the writer assumed two metabolic processes³⁾, the one proceeding under high temperature and the other proceeding under low temperature, in the hastening mechanism of the compound stratification on germination, the results shown in

Tables 2 and 3 suggest that the "high temperature process" continues to proceed even at a subsequent low-temperature period once it is induced.

6.3 Effect of stratification on germination

The seeds stratified at 25°C. for three months followed by two months at 2°C. were germinated at 25°C., at 25~8°C., and at 15°C., without their pericarps. Fig. 5 shows the result of the germination test. Like two phenomena in 6.1 and 6.2, the hastening effect on germination also does not vary with collection time or drying up after harvesting. Thus these experiments verified the working hypothesis described in 1 and with the result in 3 denied the assumption that ripening or drying up deepens the dormancy of these seeds. In this case, also, one can detect irregular results, and the result of II₁ of [South] is curious above all. The writer can not reason out the possible cause for the latter at all. Moreover, no correlation is noticed between the hastening effect and the apparent growth and the change in dormancy of encased embryos, which suggests no significant relation of such changes occurring in embryos to the delayed germination of these seeds.

7. Effect of Stratification under Various Temperature Conditions

Though the second problem induced from the working hypothesis was to study the temperature condition for stratification in detail, we could arrange only four grades of 25°C., 15°C., 8°C., and 2°C. The material for this experiment was the seeds of [North] in IV, and stratification was begun from December the 16th in 1955 after dewinging.

7.1 Development of encased embryos and change in embryo dormancy during stratification under various conditions

Table 4 and Table 5 were arranged like Table 2 and Table 3, respectively. From these tables it was proved that the "high temperature process" taking part in the apparent growth and the change in embryo dormancy proceeds better at 15°C. or 25~8°C. than at 25°C. In fact, the excised embryos from the seeds stratified at 15°C. or 25~8°C. were thicker and more yellowish than those stratified at 25°C. On the other hand, the induced "high temperature process" continues to proceed better at 8°C. than at 2°C.

7.2 Hastening effect of various stratification on germination

The difference in temperature condition for stratification brought about various hastening effects as shown in Table 6. As can be seen, the highest effect was obtained when 25°C. was used for the high temperature period. This is contrary to the temperature effect in the apparent growth and the change in embryo dormancy. Thus the attempt to ascertain to what extent "high temperature process" takes part in the hastening mechanism of compound stratification runs into a difficulty. Moreover, the compound stratification of 8°C. (three months)—2°C. (two months) showed relatively higher hastening effect, so the fall itself of temperature may be involved in such an effect.

At any rate, the result in Table 6 supports the writer's idea about the effect of "burying-storage" on germination, which was derived from his working hypothesis.

7.3 Saplings grown from the excised embryos

The experimental results obtained previous to those of this paper yield no important clue to the process essential for hastening mechanism, proceeding in embryo

during stratification. The writer thinks, however, that this problem may be solved by introducing "embryo transferring technique"¹²⁾. In this connection, the writer is greatly interested in the study by ZELINKOVA *et al.*¹³⁾, in which they succeeded in obtaining saplings from the excised embryos of *F. excelsior* by exposing those from non-stratified seeds to continuous light.

Here the excised embryos from (i) non-stratified seeds, (ii) only warm stratified seeds, and (iii) doubly stratified seeds were grown partly to ascertain the results obtained in the experiment by ZELINKOVA *et al.*¹³⁾. The embryos of (i), excised after soaking in tap water for 48 hrs. and placed on moistened cotton wool in petri dish, were exposed to continuous light (100 W bulb · 50 cm) at 20°C. The embryos, which became green and developed slightly, were transplanted into pots containing loam or sand and exposed to continuous light in succession. Those of (ii) and (iii) were diverted from the observation in 7.1 when it had finished up...that is, on the 6th day after excising. They were also exposed to continuous light for five days and transplanted into pots on the 11th day after excising. The embryos of (i) and (ii) were excised on March the 16th, in pots transported into glass-house on April the 16th, and then transplanted into open beds on May the 16th in 1956. Those of (iii) were excised on May the 16th, in pots transported out-doors on June the 5th, and then transplanted into open beds on June the 15th in 1956.

The photographs in Plates 1 and 2 show the growth of excised embryos to saplings. Thus it was ascertained that the excised embryos from non-stratified seeds can be grown to saplings as reported by ZELINKOVA *et al.*¹³⁾, though they grow more slowly and produce more dwarfs than those from stratified seeds. On the other hand, no significant difference could be found between (ii) and (iii).

Such an observation suggests that the dormant embryos in these seeds have perfect systems for constructive metabolism, and that most of them are released from their dormant state through working such systems powerfully. Recently FLEMION⁵⁾ reported similar experimental result with peach seedlings, and further, BARTON⁴⁾ has found gibberellic acid to promote the growth of physiologic dwarfs produced from nonafter-ripened embryos of *Malus Arnoldiana*. It will not be long before the studies on the dormancy mechanism are developed from such standpoints.

In conclusion the method obtaining saplings from the excised embryos is recommended for scientific purposes and so on.

Summary

Experiments were carried out on the relationship between seed dormancy and collection time or drying up after collecting, and on the temperature condition during compound stratification.

(1) Water content of seeds or pericarps decreased rapidly after September the 10th.

(2) The type of water absorption curve was not affected by collection time or drying up after collecting.

(3) Water to dry matter weight necessary for germination was nearly constant except in the seeds collected on August the 25th.

(4) The growth of encased embryos, the decreasing process in embryo dormancy, and the hastening effect by the same stratification were not affected by collection

time or drying up after collecting.

(5) For a high temperature period, 15°C. was better for the growth of encased embryos and the decreasing process in embryo dormancy, while 25°C. was better for the hastening effect on germination. On the other hand, 2°C. was better than 8°C. for a low temperature period. So 25°C.—2°C. is recommended in the compound stratification for the purpose of hastening germination.

(6) Though excised embryos from non-stratified seeds could also be grown to saplings, those from stratified seeds at high temperature—15°C. was the best—could be grown more forcibly and surely.

Explanation of plates

Plate 1.

- A~D1. Showing the process of development of the excised embryos from the seeds (ii)—A: on the 2nd day, B: on the 5th day, C: on the 10th day, and D1: on the 60th day. The embryos in 1, 2, and 3 are those from the seeds stratified at 25~8°C., at 15°C., and at 25°C. for three months, respectively.
- D2. Showing the development of the excised embryos from the seeds (i) on the 60th day. Scale is not equal to that of D1.

Plate 2.

- E. Examples of the saplings grown from excised embryos, photographed on September the 2nd in 1956. The saplings in CONTROL and 25(3) are those from D2 and 3 in D1, respectively, and those in 25(3)—8(2) and 15(3)—8(2) are those grown from the excised embryos of (iii).

