

ヤチダモのタネの発芽遅延についての研究 (第5報)^{*1}

発芽におよぼす湿層処理^{*2}の効果

浅 川 澄 彦⁽¹⁾

夏のおわりから秋のはじめにかけてみる樹木のタネは、地表におちて水分をすつたのち、しばらくのあいだかなりあたたかな天候にめぐまれてから冬をむかえる。そしていろいろな樹種のタネが、トリマキなどの方法でこれとおなじような条件をあたえてやるとよく発芽することが知られている²¹⁾²²⁾。そこでとりわけ発芽しにくいタネの発芽を促進するために、うえにのべたような自然の条件を、もつとみじかい期間に効果的にあたえる意味でかんがえられたのが、クミアワセ湿層処理あるいは高温—低温湿層処理とよばれる方法である^{4) 6) 22)}。この方法が発芽におよぼすキキメについてはかなりおおくの報告があり、第1報¹⁾にのべたトネリコ属のタネについての研究のほか、*Crataegus monogyna*¹³⁾、*C. oxyacanthus*¹³⁾、*Halesia carolina*¹⁴⁾、*Prunus serotina*⁶⁾ および *Tilia americana*⁷⁾ のような広葉樹のタネ、また針葉樹でもいちじるしく発芽しにくいイチイ⁸⁾、チョウセンマツ⁴⁾ およびゴヨウマツ⁵⁾ などのタネについて研究されている。したがってこれまでに研究されていない樹種についても、もつと一般的にこの方法をつかうことができるだろうとかんがえられている²¹⁾。そのキキメはある場合には、高温期間に種皮の機械的なツヨサをよわめ、そのあとにくる低温期間に休眠している胚を後熟させることによつてもたらされるとかんがえられている⁶⁾。しかし、それぞれのタネの生理的な特性や成分のチガイなどをかんがえれば、クミアワセ湿層処理がおなじようなキキメをしめすからといって、そのシクミがかならずしもおなじであるとはかんがえられない。それにもかかわらず、このシクミをあきらかにするココロミは、タネの後熟期の生理についてかなり一般的な知見をあたえることができるとかんがえている。

ここには、ヤチダモのタネがクミアワセ湿層処理に、どのように反応したかについての実験結果を報告する。

1. 材 料 と 方 法

タネ： ヤチダモのタネは、1954 年の 10 月に北海道旭川営林局神楽営林署部内でとられ、11 月中旬に研究室におくられてきた。

湿層処理： ヘヤの温度で 48 時間水道水につけたミまたはタネを、適当にしめらした水ゴケにはさんでふかいベトリ皿にいれた。湿層処理にもちいた温度は $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 $8 \pm 1^\circ\text{C}$ および $2 \pm 1^\circ\text{C}$ で、それぞれ H, M および L の記号でしめし、おのおのの温度においた期間 (月) をあらわす数字を温度の記号の

^{*1} 一部は日林誌 38. 7. (1956) p. 269~272 および日本林学会第 66 回大会で報告した。

^{*2} 英語の stratification にあたる言葉で、第4報まではこれまでのナラワシにしたがつて“層積”という言葉をつかつていたが、林木種子談話会の申し合わせ (日林誌 38 (7), 279~280, 1956) にもとづいて“湿層処理”とあらためた。

(1) 造林部造林科種子研究室員

まえにつける。果皮をとつてから処理したものは、処理方法をしめす記号のあとに DW をつけ、とくに記号をつけないものは果皮をつけたまま処理したことをしめしている。たとえば 3H—2L·DW は、果皮をとつたタネを 25°C に 3 カ月おいてから 2°C に 2 カ月おいたことをしめし、5M は果皮をつけたまま 8°C に 5 カ月おいたことをしめしている。

発芽試験：湿層処理をおわつたタネはすべて果皮をとりのぞき、12 cm のペトリー皿のなかにならべたスライド・ガラスのうえに、しめらしたガーゼをしいた発芽床をもちい、すくなくも 50 粒を 2 組、なるべく 4 組とるようにした。発芽温度には 25±1°C、15±1°C、8±1°C、2±1°C およびこれらのうちの 2 つの変温をもちいたが、変温の場合には左の数字が昼間（8 時間）おかれた温度で、右が夜間（16 時間）おかれた温度である。やむをえず変温できない日にはひくいほうの温度においた。

2. 発芽結果

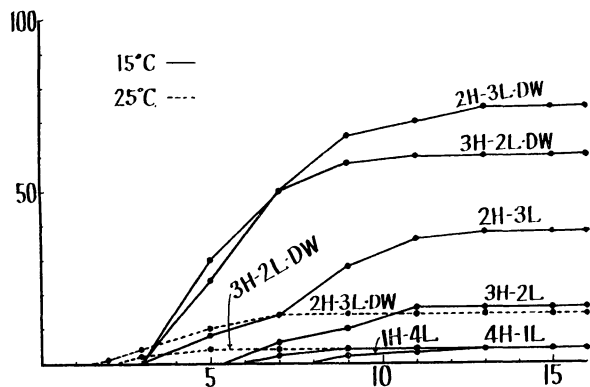


Fig. 1 いろいろに湿層処理されたタネの発芽経過
縦軸：発芽率；横軸：日数。これらは Fig. 2
～Fig. 9, Fig. 13 および Fig. 14 に共通
である。

Germination result of variously stratified seeds.
Ordinate: germination percent; Abscissa: time
in days. This note is common to Fig. 2～Fig.
9, Fig. 13, and Fig. 14.

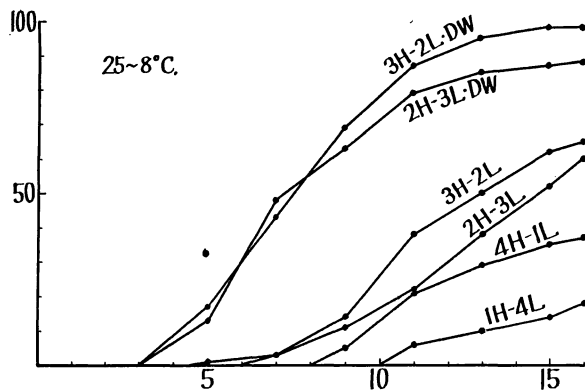


Fig. 2 いろいろに湿層処理されたタネの発芽経過
Germination result of variously stratified seeds.

湿層処理をはじめたのは 1954 年 11 月 20 日で、1955 年 4 月 22 日に第 1 回の、5 月 19 日に第 2 回の、そして 6 月 22 日に第 3 回の発芽試験をおこなつた。

(1) 第 1 回の結果：第 1 回の発芽試験には 15°C、25°C および 25°～8°C の 3 つの温度条件をもちいた。それぞれの条件での発芽結果を Fig. 1, Fig. 2 にしめす。この発芽試験を 3 週間つづけてから、すべての区を 25°～8°C の変温条件にうつしてふたたび 3 週間試験をつづけた。しかしこの期間にはほとんど発芽しなかつたので、発芽床のまま 2～4 カ月間低温および低温—高温処理をおこなつてそのあとの反応を観察した。このような一連の試験の経過を Table 1 にしめす。

(2) 第 2 回の結果：第 1 回とおなじように 3 つの温度条件をもちいたが、3H—3L 区についてはこのほか 25～15°C、25～2°C、15～8°C、15～2°C、8～2°C および 8°C での発芽経過も観察した。それぞれの発芽経過を Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 および Fig. 6 にしめし、また第 1 回とおなじよう

Table 1. 第1回発芽試験の総括 Summary of the first test.

湿層処理の条件 Condition of stratification	1度目の発芽試験 The first germination test				1度目の発芽試験 期間に発芽しなかつたタネをふたたび処理した条件 Conditions of the second treatment for non-germinating seeds in the first test	2度目の処理をしたあとの42日間の発芽率 Germination % at 25~8°C. in 42 days after the second treatment	2度目の発芽試験 期間にも発芽しなかつたタネをまたび処理した条件 Conditions of the third treatment for non-germinating seeds in the second test	3度目の処理をしたあとの28日間の発芽率 Germination % at 25~8°C. in 28 days after the third treatment	試験をおわつたときのタネの状況 Remaining seeds			
	はじめの発芽温度 The first incubating temperatures	21日間の発芽率 Germination % in 21 days	うつされた発芽温度 Subsequent incubating temperatures	21日間の発芽率 Germination % in 21 days					健全ダネ Sound	胚のないダネ Embryolless	クサリダネ decayed	計 Total
1H—4L	15°C	5	25~8°C	2 (7)	2L	61 (68)			27	0	5	32
2H—3L	"	38	"	4 (42)	2L	36 (78)			20	0	2	22
3H—2L	"	16	"	0 (16)	2L	39 (55)			43	0	2	45
4H—1L	"	4	"	0 (4)	2L	57 (61)			37	0	2	39
2H—3L・DW	"	75	"	3 (78)	2L	9 (87)			13	0	0	13
3H—2L・DW	"	60	"	5 (65)	2L	20 (85)			11	1	3	15
5L	25°C	0	25~8°C	0 (0)	2H—2L	75* (75)	2L	16 (91)	5	0	4	9
5M	"	0	"	0 (0)	2H—2L	87* (87)	2L	3 (90)	4	0	6	10
1H—4L	"	0	"	0 (0)	4L	12* (12)	2L	54 (66)	24	3	7	34
2H—3L	"	0	"	0 (0)	4L	12* (12)	2L	52 (64)	35	0	1	36
3H—2L	"	0	"	0 (0)	4L	3* (3)	2L	72 (75)	21	0	4	25
4H—1L	"	0	"	0 (0)	4L	6* (6)	2L	57 (63)	31	0	6	37
2H—3L・DW	"	14	"	0 (14)	4L	5* (19)	2L	53 (72)	23	2	3	28
3H—2L・DW	"	4	"	3 (7)	4L	8* (15)	2L	50 (65)	14	0	21	35
5L	25~8°C	0	25~8°C	4 (4)	2H—2L	72* (76)	2L	6 (82)	6	0	12	18
5M	"	4	"	0 (4)	2H—2L	68* (72)	2L	8 (80)	2	0	18	20
1H—4L	"	22	"	3 (25)	2H—2L	66* (91)	2L	4 (95)	4	0	1	5
2H—3L	"	69	"	6 (75)	1H—1L	0 (75)	(* Germination percent) in 28 days.		21	0	4	25
3H—2L	"	71	"	3 (74)	2L	0 (74)			25	0	1	26
4H—1L	"	43	"	3 (46)	2L	12 (58)			41	0	1	42
2H—3L・DW	"	89	"	1 (90)	2L	0 (90)			8	0	2	10
3H—2L・DW	"	98	"	0 (98)	2L	0 (98)			1	1	0	2

Notes 1. 発芽率の項の()内の数字は、はじめからそのときまでの合計をしめす。Germination percent in () shows the total from the beginning of test.

2. 健全ダネからとりだした胚のほとんどのものは、1週間以内に A (第2報, Fig. 6) になつた。

Most of excised embryos from sound seeds became A (in Fig. 6 of the second report) within a week.

な一連の試験経過を Table 2 にしめす。

(3) 第3回の結果：第2回とおなじようないろいろな温度条件での発芽経過を Fig. 7, Fig. 8 および Fig. 9 にしめす。

3. 発芽結果からかんがえられること

(1) 発芽温度の特異性：Fig. 1 から Fig. 9 にしめしたヤチダモのタネの発芽経過は、発芽にあたつてきわめてかわつた温度要求をしめすことをあきらかにした。すなわち普通に発芽の適温とかんがえられている 25°C にたもつとはほとんど発芽しないが、昼間この温度におき夜間ひくい温度にうつすいわゆる変温条件ではよく発芽する。しかもおなじ変温条件でも、たかい温度とひくい温度にそれぞれ適温があるらしい (Fig. 5)。また定温条件でも、普通に適温とかんがえられている温度

よりもひくい温度ではかなり発芽する。いずれにしても発芽経過曲線は、一定の温度におくことによつてしだいに発芽に不利な状態がつくられることをしめしている。

(2) 湿層処理の条件と発芽温度の関係：3回の発芽試験をととして、15°C や 25°C の定温条件よりも 25~8°C の変温条件のほうがよいことはあきらかである。ところがおなじ発芽温度でも湿層処理の期

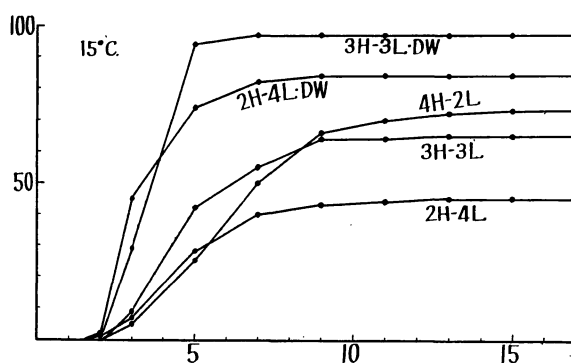


Fig. 3 いろいろに湿層処理されたタネの発芽経過
Germination result of variously stratified seeds.

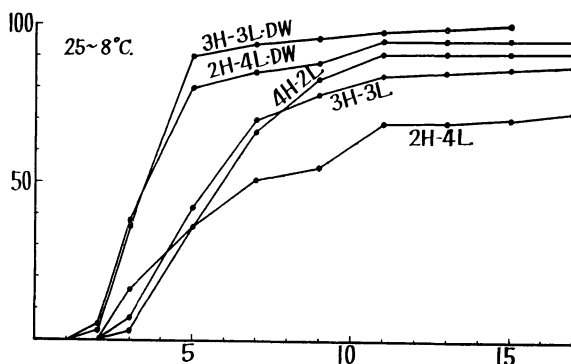


Fig. 4 いろいろに湿層処理されたタネの発芽経過
Germination result of variously stratified seeds.

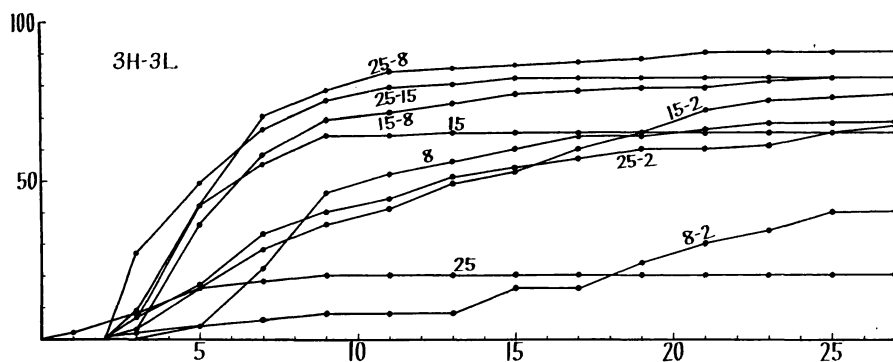


Fig. 5 湿層処理 (3H—3L) をうけたタネのいろいろな温度での発芽経過
Germination result at various temperatures of stratified seeds (3H—3L).

Table 2. 第2回発芽試験の総括 Summary of the second test.

湿層処理 の条件 Condition of stratification	15°Cでの 21日間の 発芽率 Germination % in 21 days at 15°C.	25~8°Cに うつしてから21 日間の発芽率 Germination % in 21 days after trans- ferring to 25~8°C.	発芽しなかつたタネを2°Cに 2ヵ月おいてから、25~8°Cに おいたときの35日間の発芽率 Germination % in 35 days at 25~8°C. after keeping non-germinating seeds at 2°C. for 2 months.	試験をおわつたときの タネの状況 Remaining seeds			
				健全ダネ Sound	胚のないタネ Embryoleless	クサリダネ Decayed	計 Total
Control	0	0 (0)	66 (66)	16	0	18	34
6L	0	0 (0)	85 (85)	13	0	2	15
2H-4L	45	16 (61)	31 (92)	6	0	2	8
3H-3L	65	3 (68)	22 (90)	10	0	0	10
4H-2L	73	4 (77)	11 (88)	11	0	1	12
2H-4L・DW	84	7 (91)	7 (98)	2	0	0	2
3H-3L・DW	97	0 (97)	2 (99)	0	0	1	1

湿層処理の条件 Condition of stratification	25~8°Cでの42日間 の発芽率 Germination % in 42 days at 25~8°C.	試験をおわつたときのタネの状況 Remaining seeds			
		健全ダネ Sound	胚のないタネ Embryoleless	クサリダネ Decayed	計 Total
Control ^{*3}	0	85	0	15	100
6L ^{*3}	4	92	0	4	96
6M ^{*3}	2	90	0	8	98
2H-4L	75	21	0	4	25
3H-3L	90	8	0	2	10
4H-2L	93	5	0	2	7
2H-4L・DW	96	3	0	1	4
3H-3L・DW	98	0	1	1	2

湿層処理 の条件 Condition of strati- fication	1 度目の発芽試験 The first germination test			1 度目の発芽試験期 間に発芽しなかつた タネを 2°C に 2 カ月 おいてから 25~8°C においたときの 28 日 間の発芽率	2 度目の発芽試験期 間に発芽しなかつた タネをふたたび 2°C に 2 カ月おいてから 25~8°C においたと きの 28 日間の発芽率	試験をおわつたとき のタネの状況 Remaining seeds			
	はじめの 発芽温度 The first incuba- ting tem- peratures	42 日間 の発芽 率 Germina- tion % in 42 days	25~8°C に うつしてから 28 日 間の発芽率 Germina- tion % in 28 days after transfer- ing to 25~8°C	Germination % in 28 days at 25~8°C. after keeping at 2°C. for 2 months the non-germina- ting seeds in the first test	Germination % in 28 days at 25~8°C. after keeping at 2°C. for 2 months again the non- germinating seeds in the second test.	健全 タネ Sound	胚のない タネ Embryole- ss	クサリ タネ Decayed	計 Total
3H—3L	25~15°C	82	1 (83)	2 (85)	11 (96)	3	0	1	4
"	25~2°C	68	8 (76)	6 (82)	13 (95)	4	0	1	5
"	15~8°C	82	4 (86)	0 (86)	6 (92)	8	0	0	8
"	15~2°C	79	7 (86)	1 (87)	3 (90)	9	0	1	10
"	8~2°C	48	46 (94)	3 (97)	0 (97)	3	0	0	3
"	25°C	20*1	0 (20)	22 (42)	48 (90)	8	2	0	10
"	8°C	70	24 (94)	2 (96)	2 (98)	2	0	0	2
2H—4L・DW	2°C	50	37 (87)	0 (87)	5 (92)	2	0	6	8
3H—3L・DW	"	64	35 (100)						
2H—4L・DW	25°C	45*1	0*2 (45)	10 (55)	37 (92)	5	0	3	8
3H—3L・DW	"	56*1	4*2 (60)	2 (62)	30 (92)	8	0	0	8

^{*1} Germination percent in 21 days.^{*2} Germination percent in 49 days.

Notes 1. Table 1 とおなじ。 The same as in Table 1.

2. ^{*3}をつけた区以外の健全タネからとりだした胚のほとんどのものは、1週間以内にAになった。Except the lots with ^{*3}, most of excised embryos from sound seeds became A within a week.

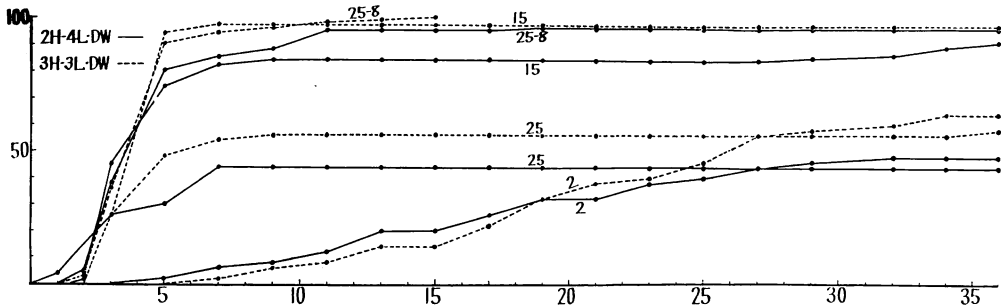


Fig. 6 湿層処理 (2H—4L・DW, 3H—3L・DW) をうけたタネの
いろいろな温度での発芽経過

Germination result at various temperatures of stratified seeds
(2H—4L・DW, 3H—3L・DW).

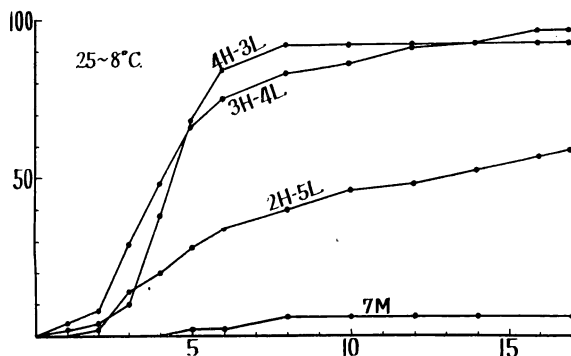


Fig. 7 いろいろに湿層処理されたタネの発芽経過
Germination result of variously stratified seeds.

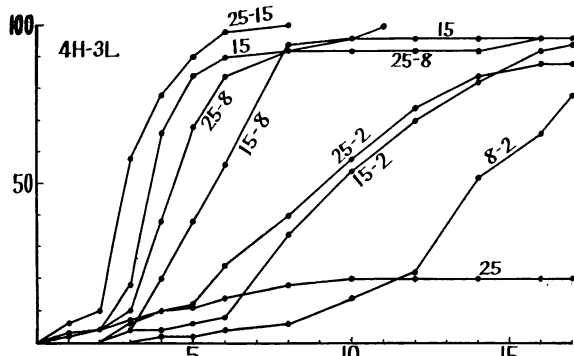


Fig. 8 湿層処理 (4H—3L) をうけたタネの
いろいろな温度での発芽経過
Germination result at various temperatures of
stratified seeds (4H—3L).

間がながくなるにつれて、発芽勢がたかくなり発芽率もふえる。このことはたとえば Fig. 2, Fig. 4 および Fig. 7 をくらべればあきらかである。この関係をさらにこまかくみると、全体の湿層処理期間がおなじでも、高温期間と低温期間のクミアワセカタによつてキキメがちがうことがわかる。すなわち全期間 2°C あるいは 8°C においてもキキメはほとんどみとめられない。したがつてすでに第4報にものべたように、まずはじめに高温湿層処理をおこなうことが必要である。こうして高温期および低温期のナガサが問題になるが、この関係をわかりやすくあらわすために Fig. 10 がつくられた。この図からつぎのようないろいろな事実がわかる。

(i) 適当な高温期間があたえられれば、そのあとの低温期間をながくするにつれて発芽温度の特異性がよくなる。この場合 25°C での発芽率もしだいにふえるが、一方湿層処理の条件

(低温) でさえ発芽しはじめていたから、発芽温度のこういう変化は適温の幅がひろくなつたとかんがえるべきであろう。

(ii) 高温期間を十分になくすれば、そのあとの低温期間をながくすることによつて急激にキキメが

たかまる。いいかえれば、高温期間をながくすれば低温期間はみじかくてすむ。このことは、この実験でつかつた材料のなかに、ながい高温期間を必要とするタネがおおかつたことをしめしている。そしてそれぞれのタネが発芽するのに必要な湿層処理期間のバラツキ、すなわち後熟の程度のバラツキは、高温のもとですすむ一連の反応のハヤサがはやいかおそいか、あるいはそれぞれのタネがこのような反応過程のどの段階でとまっていたかのバラツキによつているとかんがえることができる。

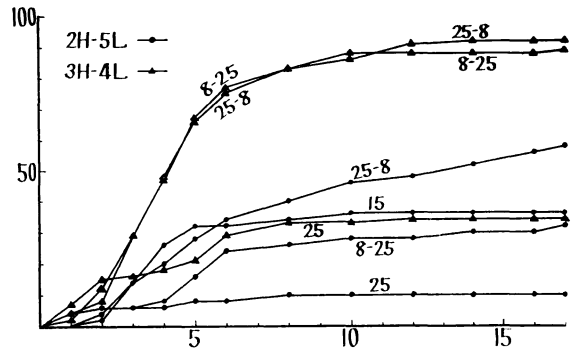


Fig. 9 湿層処理 (2H—5L, 3H—4L) をうけた
タネの発芽経過
Germination result of stratified seeds
(2H—5L, 3H—4L).

(iii) 処理をおこなうまえに果皮をとりのぞくことによつて、湿層処理の期間をみじかくすることがで

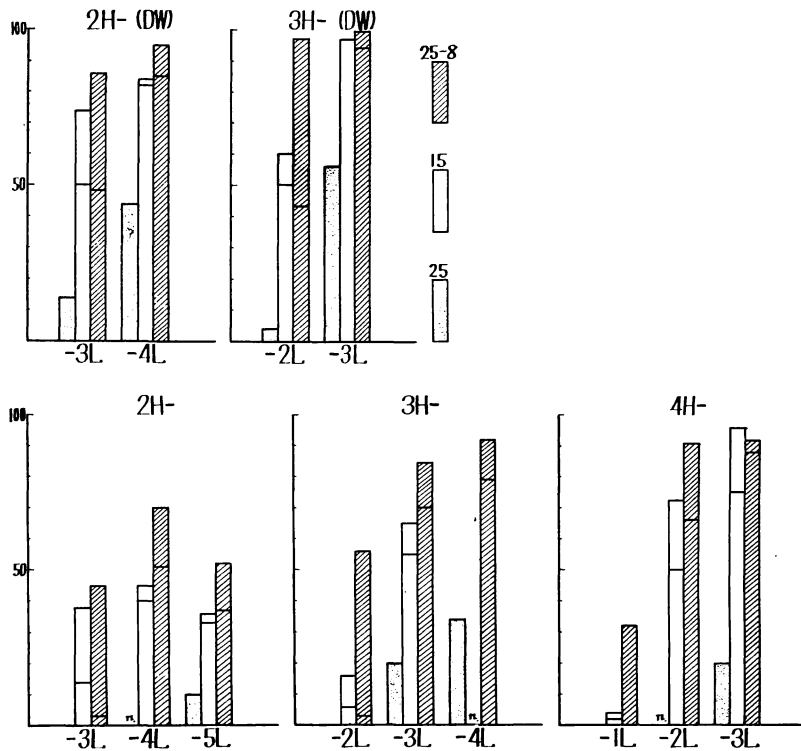


Fig. 10 いろいろに湿層処理されたタネの発芽率の比較。縦軸：発芽率。
全体のタカサは2週間の発芽率を、中間のシキリは1週間の発芽率をそれぞれしめしている。

Comparison of germination percent in a week and two weeks among variously stratified seeds. Ordinates: germination percent.

Each column shows germination percent in two weeks, a boundary in it showing that in a week.

きる。第2報²⁾で、おなじ方法によつて前発芽がずつとはやくすすむことを報告した。このこととかがえあわせると、前発芽が発芽促進のキキメとある関係がありそうなこと、およびこのタネの発芽遅延に果皮があるヤクワリをはたしていることを予想できる。

(iv) 発芽温度にかなりの幅をもたせてヤチダモのタネを十分に発芽促進するためには、果皮をのぞいた場合で6カ月—高温期3カ月、低温期3カ月、果皮をつけたままの場合で7カ月—高温期3または4カ月、低温期4または3カ月—のクミアワセ湿層処理を必要とする。

(3) 不利な発芽温度がタネにおよぼす影響： 最初の発芽温度が不利であつたために発芽できなかつたタネが、はたして湿層処理をおわつたときとおなじ状態で休止しているのか、あるいはなにか積極的な阻害過程がつくられたのかをすることは、発芽温度の特異性をあきらかにするために必要である。そこで Table 1, Table 2 にしめすように、25~8°C 以外の温度条件で発芽試験をおこなつたすべての区を、ある期間ののち 25~8°C にうつした。しかし、これらの表にしめされているように、8°C, 2°C および 8~2°C からのものをのぞいて、うつされた温度条件のもとでもほとんど発芽しなかつた。このことは、8°C よりたかい発芽温度で発芽できなかつたタネのなかには、あきらかにある阻害系がつくられ、25~8°C の変温条件でももとかえられないことをしめしている。一方 8°C よりひくい温度ではこのような阻害反応はすすまなくて、ただもつとたかい温度を必要としていたにすぎない。すなわちこういう温度で発芽できなかつたタネは、25~8°C にうつされてから普通に発芽した。不利な温度条件でつくられるとおもわれる阻害系は、タネをふたたび 2°C で処理するとゆつくりもとにかえる可逆的な反応であるらしい。しかも表からわかるように、不利な温度でおこる阻害反応は、おそらく 15°C でよりも 25°C でずつといちじるしくすすむものであろう。2°C での処理によつて、15°C 区のほうがずつとはやくこの阻害から解放される。ここで Table 1 にしめされている興味ある事実は、高温湿層処理をうけていないタネ (5L, 5M) は、はじめの発芽試験のあとの 2H-2L という温度処理で大部分が発芽することである。このことから 25°C のような一定温度でおこる反応は、クミアワセ湿層処理によつて休眠から解放されたタネのなかだけで、特異的に阻害現象をひきおこすものとかがえられる。2°C で処理してもなお発芽できないタネからとりだした胚は、表の注にしるしたようにしめさせた濾紙のうえですみやかに屈地性をしめし成長をはじめめる。つぎの節でのべる湿層処理のあいだの胚の性質の変化 (Table 3) ともかがえあわせると、ある湿層処理期間をへて胚が休眠から解放されてからは、おそらく胚をつつんでいる組織が発芽遅延におおきなヤクワリになつているのであろう。

4. 湿層処理のあいだの胚の性質の変化

ヤチダモのタネを湿層処理すると、タネのなかで胚の性質がかわつていくことを第2報²⁾で報告した。しかしそこではこのような胚の性質の変化と、タネが発芽の準備をととのえていく過程との関係はしらべられなかつた。そこで第2報とまつたくおなじ方法で、いろいろな湿層処理条件での前発芽の過程と、いろいろな段階でタネからとりだした胚の休眠があさくなる状態をしらべた。Fig. 11 にしめす胚長比の変化からは、それぞれの時期の値がひどくばらついているためにあまりこまかいことはいえないが、湿層処理による発芽促進のキキメとかがえあわせると、つぎのようなことがいえそうである。すなわち、低温期にうつされるまえに、胚はある胚長比にまで成長していることが必要であり、またさきに高温におかれたタネの胚は低温期にさえ成長をつづけるらしい。

第1報¹⁾でトネリコ属植物のタネのツクリをくらべたとき、ヤチダモ以外のわがくにの種の胚はタネのなかにほとんど一杯に成長しているのに、ヤチダモの胚はタネのナガサの 7/10 からちいさいものは半分ぐらいしかないことをしつた。そしてこのようにちいさいヤチダモの胚が、土中埋蔵とか湿層処理によつてタネのなかで成長する²⁾ことから、発芽するまでにはほかの種の胚とおなじようにタネのなかに一杯に成長し、それから始めて幼根が成長する——すなわち発芽する——のだらうとかんがえた。ところがこの実験で、発芽した 2H—4L・DW と 3H—3L・DW のタネをこころみにきつてみたところ、胚がタネのなかに一杯に成長しているものは後者のほうにおおくあつたが、それにしてもおよそ半分はまだ一杯に成長していなかつた。したがつて、かならずしも前発芽

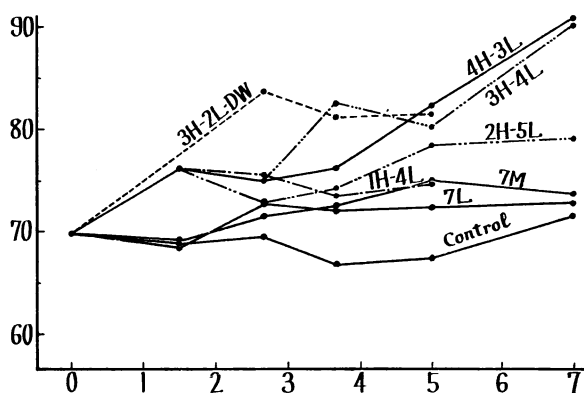


Fig. 11 湿層処理のあいだのタネのなかでの胚の成長。
縦軸：胚長比＝胚のナガサ/タネのナガサ×100；
横軸：湿層処理の期間(月)。Control はかわいたままでへヤの温度においた。それぞれの点は20 コのタネについての平均値をしめしている。

Enlargement of encased embryo during stratifying. Ordinate: embryo ratio = embryo length/seed length×100; Abscissa: time in months after stratifying. "Control" was kept at room temperature under dry condition. Each spot shows the average ratio of 20 seeds.

Table 3 湿層処理のいろいろな時期にタネからとりだした 20 コの胚の 5 日目の成長結果。上段：A，下段：B。A，B は第2報 p. 22 にしめされている。また I～VI は Fig. 11 にしめす胚長比をもとめた時期をあらわしている。

Behavior on the 5th day after bedding of 20 excised embryos at various stages of stratification. Upper row: A; Lower row: B. A and B are shown at p. 22 of the second report. I～VI show the stages when the embryo ratio in Fig. 11 was measured.

	I	II	III	IV	V	VI
Control	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
7L		0 3	0 3	0 2	0 0	2 0
7M		0 2	1 5	2 3	3 1	1 1
1H—4L		0 13	8 4	6 8	7 1	—
2H—5L			8 8	17 3	17 1	13 1
3H—4L			9 7	15 3	19 1	20 0
4H—3L				14 4	20 0	19 0
3H—2L・DW		non	18 2	17 2	19 1	—

がおわつたときに幼根が成長しはじめるのではなく、前発芽は高温湿層処理のあいだのいろいろな質的变化がもたらす、1つの結果的な現象にすぎないとかんがえたほうがたしかかもしれない。

つぎに湿層処理のあいだに胚の休眠があさくなる過程を Table 3 にしめす。これは第2報²⁾とまづたくおなじように、湿層処理のいろいろな時期にタネからとりだした胚が、しめらした濾紙のうえで成長する状態をしらべたものであるが、この変化は胚のナガサの変化とちがつて質的なものであり、胚軸から幼根にかけての部分が成長の準備をととのえる過程をしめしているものとかんがえられる。DOLJA¹¹⁾ はオウシュヤチダモのタネで、かわいたままにしておいてもだんだん休眠があさくすることを報告しているが、この場合にはかわいたままでは休眠はあさくならない。また 2°C や 8°C での低温湿層処理でも休眠はほとんどやぶれない。胚の休眠に影響をあたえるのが高温湿層処理であることはたしかであるが、ある期間高温処理をうけてから低温にうつされた場合に、この休眠をあさくする反応がひきつづいてすすむものかどうかは、この実験からはあきらかでない。しかしいずれにしても、ヤチダモのタネの発芽遅延の第1の原因が、高温湿層処理によつてやぶられる胚の休眠であることはたしかである。

5. 湿層処理のあいだの種皮の変化

クミアワセ湿層処理のキキメのある部分は、高温期に種皮の機械的なツヨサをよわめることによつてになわれているとかんがえられている^(1) 8) 10)が、ヤチダモの種皮も湿層処理のあいだにいくらかの変化をしめす。処理するまえの種皮には、アメリカヤチダモ¹⁰⁾とよく似た Fig. 12 の A のようなツクリがみられるが、湿層処理によつて表面が B のようにかわる。このような状態は、水をすすつてやわらかくなつた

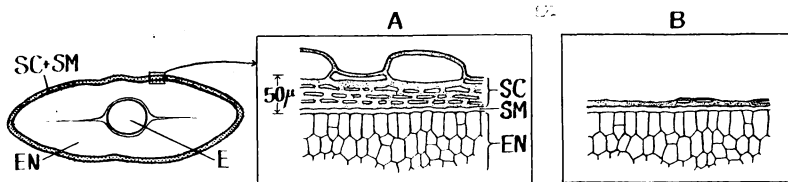


Fig. 12 ヤチダモのタネの横断面と種皮、コルク質膜および胚乳を拡大した図。

SC: 種皮; SM: コルク質膜; EN: 胚乳; E: 胚。A は湿層処理をうけないタネ, B は湿層処理をうけたタネである。

Cross section of the seed of *F. mandshurica* var. *japonica*, and a part of magnified seed coat, suberized membrane, and endosperm. SC: seed coat; SM: suberized membrane; EN: endosperm; E: embryo. A shows the seed coat of non-stratified seed, B showing that of stratified one.

組織が、おそらく機械的にこわされてつくられるものであろうが、また処理をおわつたときに種皮にみいだされた *Pythium*, *Fusarium*, *Trichoderma* および *Coremium**¹⁾などの菌によつて分解されることもあるらしい。というのは、発芽床において湿層処理の場合とおなじ温度処理をしたときに、こういう菌がいちじるしくついていたタネの種皮に、よく似た変化がみとめられた。いずれにしても、Bにしめすような種皮ののこりのアツサは一樣でなく、タネにより部分によつてかなりちがつているが、種皮の内側の組織であるコルク質膜 (suberized membrane) は、すくなくともミカケのうえではまったくかわっていない。そしてうえのような種皮の変化は、いろいろな処理による発芽促進のキキメとは関係がないらしい。

*¹⁾ 菌を同定していただいた保護部青島清雄技官にお礼をもうしのべます。

ヤチダモやアメリカヤチダモのタネで、発芽遅延に種皮組織が関係しているというカンガエカタがだされている^{16) 19)}が、うえのような観察をもとにすれば、関係がありそうなのは種皮ではなくてコルク質膜である。コルク質膜が発芽遅延に関係があるらしいというカンガエカタは、すでに COX⁹⁾ がアメリカヤチダモなどのタネについてとりあげているが、そこでのべられているこの組織のヤクワリをそのままうけいれることはできない。

まず第4報³⁾であきらかにしたように、ヤチダモのタネは発芽に必要な水分のほとんどを、およそ2、3日のあいだにすることができから、コルク質膜が吸水をおさえているというカンガエカタはただしくない。また第1期の吸水をおわつてから、すくなくとも高温におかれているあいだ前発芽がすすんでいるから、そのためには当然かなりの物質代謝がおこなわれているはずであり、コルク質膜がガス交換をおさえているというカンガエカタもかなりうたがわしい。

こうして筆者は、発芽をおくらせているコルク質膜のヤクワリは、その機械的なツヨサによつてになわれているとかがえるにいたつた。ところでこのコルク質膜の影響をなくなすのは、結果的には低温湿層処理であるが、すでにのべたように、こういう処理によつてこの組織の性質がいちじるしくかわるとはおもわれないから、変化をうけるのはおそらく胚自身であろう。しかも胚の休眠は高温湿層処理だけでやぶれることがすでにわかっているから、胚がうける変化はきわめて微妙なものとかんがえなければならぬ。この変化を説明するためには、CROCKER¹⁰⁾ がのべている“胚の成長力をたかめる”というカンガエカタが適当であるとおもう。

このほかに、胚乳のなかや粘液層 (mucilaginous layer) に阻害物質^{9) 20) 12)}があるというカンガエカタがあるから、これらについてはべつに十分検討をくわえるつもりである。

6. 第1報のオギナイ

(1) チョウセントネリコのタネの発芽： チョウセントネリコ (*F. rhynchophylla*) は頂生花序節のオオダモ亜節にいれられている。筆者はこの分類学上の位置からおして、このタネがいちじるしい発芽遅延をしめすものではないだろうとのべた¹⁾。その後1954年に朝鮮でとれたタネを手にすることができた

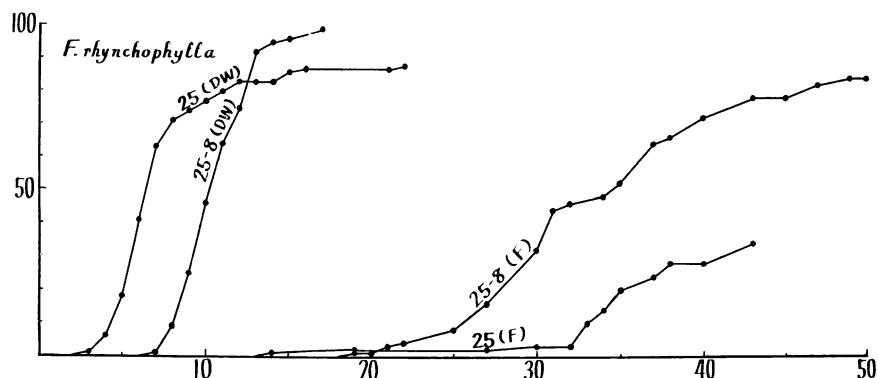


Fig. 13 チョウセントネリコのタネのペトリ皿での発芽経過。

DW: 果皮をのぞいたタネ; F: 果皮をつけたままのタネ。

Germination result of *F. rhynchophylla* seeds in petri dish.

DW: seed without pericarp; F: seed with pericarp.

ので、その発芽試験をおこなつて Fig. 13 にしめすような結果をえた。この図によつて、第1報にのべたうのような筆者の予想がたしかめられた。すなわちこのタネの発芽のシカタはトネリコのそれとかなりにている。

さて第1報(p. 8)で小山¹⁷⁾の報告に関連して、トネリコのタネの発芽適温がはたして定温か変温かについてかんがえたが、Fig. 13 にしめした結果は、この問題をかんがえるうえに、はなはだ興味ある材料である。すなわち、この実験でつかつたチョウセントネリコのタネでは、25°C と 25~8°C での発芽経過曲線の関係が、湿層処理をうけたヤチダモのタネの場合ににており、25°C 区でははやく発芽しはじめるが、ある期間ののちには 25~8°C 区が 25°C 区の発芽率をうわまわる。そしてこの傾向は、果皮をつけたままのタネの場合にずっといじめるしくあらわれる。このことによつて、果皮の阻害作用が定温条件でつよくあらわれることがたしかめられた。したがつて、小山がトネリコを“変温で発芽しやすい群”にいったときの結果は、おそらく果皮をつけたままのタネについてえたものであろう。

(2) アメリカシオジのタネの発芽：アメリカシオジ (*F. americana*) のタネの発芽については、すでに STEINBAUER¹⁹⁾, HEIT¹⁸⁾ などの研究があるから、ここではただかれらの仕事を追試するつもりで発芽試験をおこなつた。ところがその結果は一つのあたらしい事実をあきらかにした。

この実験につかつたタネは、1954 年の秋東京大学北海道演習林でとられたもので、11 月のなかごろにわれわれの研究室でうけとつてからは、紙の封筒にいれてへヤの温度においた。1955 年2月10日から6月1日まで 2°C で湿層処理をおこない、6月1日から 25°C と 25~8°C の2つの条件で発芽させた。その結果が Fig. 14 にしめされる。この図からアメリカシオジのタネも、ヤチダモとよく似た発芽温度を要求することがわかつた。

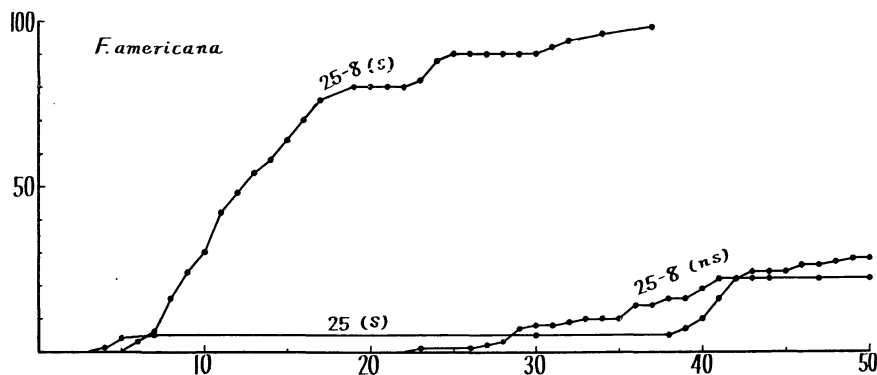


Fig. 14 アメリカシオジのタネのペトリ皿での発芽経過。s: 2°C で4ヵ月湿層処理されたタネ; ns: かわいたままでへヤの温度におかれたタネ。数字は発芽温度をしめしているが、25(s)は25°Cにおいてから30日目に25~8°Cにうつした。

Germination result of *F. americana* seeds in petri dish. s: stratified seed (at 2°C. for 4 months); ns: non-stratified seed. 25(s) was transferred to 25~8°C. from 25°C. on the 30th day.

(3) 種のあいだの発芽のシカタの関係：タネのツクリや生理学的な性質が、種のあいだでどのようにちがうかを第1報¹⁾, 第2報²⁾でしらべた。しかし、その後研究がすすむにつれて、はじめに筆者がとっていたカンガエカタがただしくないことがわかつた。すなわち、たとえば発芽のシカタという一つの性質

をとつてみると、25°Cでよく発芽する性質とか、25°Cではほとんど発芽しないで25~8°Cの定温でよく発芽する性質などは、1つの種についてはいくらか幅はあつても大体一定したものであるとかがえ、それらの性質のあいだの関連についてはあまりかんがえなかつた。しかしヤチダモのタネの発芽のときの温度要求が、湿層処理の程度によつてだんだんかわつていくことや、チョウセントネリコやアメリカシオジのような中間的な発芽の性質をしめすものがあることは、タネの休眠の型や発芽のシカタを、いろいろな種——すくなくともおなじ属のなかで——のあいだの関連において理解しなければならないことをしめした。

そこでこれまでにしらべたトネリコ属の種について、発芽までの温度要求と、発芽のときの温度要求をとりまとめるつぎのようになる。

トネリコ	とくに前処理を必要としない	ほとんどのタネは 25°Cでよく発芽する
アラゲアオダモ	〃	〃
チョウセントネリコ	〃	おおくのタネは 25°Cで発芽するが、いくらかのタネは変温を要求する
シオジ	〃	ほとんどのタネは 25°Cでよく発芽する
アメリカシオジ	低温湿層処理を必要とする	おおくのタネは変温を要求する
ヤチダモ	クミアワセ湿層処理を必要とする	〃
オウシウヤチダモ	〃	〃
(アメリカヤチダモ ¹⁹⁾)	〃	〃)

前処理を要するか要しないかという性質は、それぞれの種について大体一定しているとおもわれる。もちろん例外的には、ヤチダモやアメリカシオジのタネのなかにも湿層処理をうけなくて発芽するものがあり、またトネリコやチョウセントネリコのなかにも湿層処理をうけないと発芽できないものがある。ところが発芽にさいしての温度要求は、発芽させるときまでのトリアツカイカタによつてかなりかわる。これについてはつきりした実験結果はヤチダモについてしかえられていないが、ほかのタネについても大体いえそうである。この発芽温度にたいする要求のウツリカワリを一般的にいえば、はじめは変温を必要とし、だんだん定温でもさしつかえなくなる。いいかえれば、発芽のさいにつかわれる一連の代謝系が、*“温度にきわめて鋭敏な状態”* からだんだん *“温度に影響されない状態”* にかわる。たとえば、トネリコのタネはミカケがみのつたときにすでに *“温度に影響されない状態”* にたつしているが、ヤチダモのタネはある期間のクミアワセ湿層処理によつて、ようやく *“温度に鋭敏な状態”* になるにすぎない。このようにかんがえれば、いちじるしくちがうとおもわれた発芽温度の特性も、ただ段階がちがうだけで本質的にはちがわないとかがえることができるだろう。

この研究のあいだ、いろいろとみちびいていただいた柳沢聡雄研究室長、長谷川正男技官、実験をてつだつていただいた田中ナミ氏、ならびにタネをえるについてお世話になつた旭川営林局造林課前田嘉夫技官^{*1}、神楽営林署種苗係の方々、東京大学北海道演習林の功力六郎氏、本場実験林の小林義雄技官に心からお礼をもうしのべます。

*1 現在、旭川営林局管内技幸営林署々長

7. あ ら ま し

いろいろな湿層処理の条件をあたえたヤチダモのタネを、いろいろな温度で発芽させた結果を中心にして、このタネの発芽遅延に関係した 2, 3 の問題をかんがえた。

- (1) このタネは、発芽にあたつてきわめてかわつた温度要求をしめす。
- (2) その温度要求は、湿層処理の高温期および低温期のナガサによつてかわる。
- (3) 湿層処理をおこなうまえに果皮をとりのぞけば、処理期間をみじかくすることができる。
- (4) クミアワセ湿層処理の期間は、果皮をのぞいた場合に 6 カ月、そのままの場合に 7 カ月を必要とする。
- (5) 湿層処理をうけたタネを不利な発芽温度におくと、タネのなかに可逆的な阻害過程がつくられる。この過程は 2°C におくとゆつくりのぞかれる。
- (6) 処理しているあいだの胚の量的、質的な変化は、このタネの発芽遅延の第 1 の原因が、高温湿層処理によつてやぶられる胚の休眠であることをしめしている。
- (7) 胚の休眠がやぶられたあとの発芽遅延は、胚をつつんでいる組織おそらくはコルク質膜の機械的なツヨサによつているらしい。しかしこのような休眠をやぶるのにやくだつ低温湿層処理のキキメは、コルク質膜の性質をかえるとかんがえるよりは、むしろ胚の成長力をたかめるとかんがえたほうがよさそうである。
- (8) チョウセントネリコのタネはたやすく発芽するが、変温 ($25\sim 8^{\circ}\text{C}$) のほうが 25°C よりもよい結果をあたえる。
- (9) 低温湿層処理をうけたアメリカシオジのタネもまた、発芽にあたつてヤチダモにいた温度要求をしめす。
- (10) これまでの研究の結果から、はじめはいちじるしくちがうようにおもわれた発芽温度の特性が、本質的にちがうものではないことを論じた。

文 献

- 1) ASAKAWA, S.: Bull. Govt. For. Expt. Sta. **83**, (1956) p. 1~18.
- 2) ———: Ibid. **83**, (1956) p. 19~28.
- 3) ———: Ibid. **87**, (1956) p. 75~84.
- 4) ———: Jour. Jap. For. Soc. **38**, 1, (1956) p. 1~4.
- 5) ———: Ibid. **37**, 11, (1955) p. 508~509.
- 6) BALDWIN, H. I.: Forest Tree Seed. Waltham (1942) p. 115~116.
- 7) BARTON, L. V.: Contr. Boyce Thompson Inst. **6**, (1934) p. 69~89.
- 8) ———, and W. CROCKER: Twenty Years of Seed Research. London (1948) p. 70~75.
- 9) COX, L. G.: A Physiological Study of Embryo Dormancy in the Seed of Native Hardwoods and Iris. Cornell Univ. (1942) p. 186~211.
- 10) CROCKER, W.: Growth of Plants. New York (1950) p. 105~112.
- 11) DOLJA, N. I.: Dokl. Acad. Nauk SSSR **88**, 4, (1953) p. 729~732. (For. Abstr. **14**, 4, (1953))
- 12) FERENCZY, L.: Acta Biol. Szeged **1.1/4** (1955) p. 17~24.
- 13) FLEMING, F.: Amer. Jour. Bot. **24**, (1937) p. 734.
- 14) GIERSBACH, J. and L. V. BARTON: Contr. Boyce Thompson Inst. **4**, (1932) p. 27~37.
- 15) HEIT, C. E.: Notes on Forest Investigations **14**, (1938).
- 16) KAWAMURA, M. and T. SEINO: Hoppô-Ringyô **1**, (1943) p. 20~30.
- 17) KOYAMA, M.: Jour. Jap. For. Soc. **9**, 3, (1927) p. 41.
- 18) NYHOLM, I.: Tidsskrift for Planteavl **56**, (1953) p. 684~701.
- 19) STEINBAUER, G. P.: Plant Physiol. **12**, (1937) p. 813~824.
- 20) TAKATOI, I. and H. TOYOOKA: Trans. Hokkaido Branch Jap. For. Soc. **1**, (1952) p. 1~5.
- 21) Woody Plant Seed Manual. Washington (1948) p. 38.
- 22) YANAGISAWA, T.: Forest Tree Seed (Ikurin-Sôten, edited by K. HASEGAWA). Tokyo (1955) p. 189.

**Studies on the Delayed Germination of *Fraxinus mandshurica*
var. *japonica* Seeds. (5)**

Effect of the compound stratification on germination.

Sumihiko ASAKAWA

(Résumé)

The seeds of the trees, which ripen from the end of summer to the beginning of autumn, are exposed to the cold of winter after absorbing water by dispersion on the ground and then experiencing a period of warm weather. It is known that the seeds of many such species do not germinate normally until a succession of similar conditions has been experienced by fall sowing and so on.^{21) 22)} It is the "compound stratification"^{4) 6)} or "warm followed by cold stratification"²²⁾ that was designed to give the seeds similar conditions during a shorter period in order to hasten the germination of such seeds. There have been a number of works on the effect of the compound stratification, for example, those with the seeds of *Crataegus* spp.^{13) 18)}, *Halesia carolina*¹⁴⁾, *Prunus serotina*⁶⁾, *Tilia americana*⁷⁾, *Taxus cuspidata*⁸⁾, and five-leaved pines^{4) 5)} in addition to those with *Fraxinus* seeds cited in the first report.¹⁾ So it is quite probable that further tests will show it to be useful for many more species.²¹⁾ BALDWIN⁶⁾ explained that a high temperature period disposes of a resistant coat, and then a cold one after-ripens dormant embryo. This explanation may hold true, however, only for limited instances. The differences in their physiological properties and chemical components suggest that the mechanism of stratifying effect cannot be discussed without discrimination. Nevertheless, a possible clue to clarify the physiological basis of seed after-ripening will be found in studying this mechanism. Here is reported how the seeds of *F. mandshurica* var. *japonica* are affected by compound stratification.

1. Material and Methods

Seeds: *F. mandshurica* var. *japonica* seeds were collected in Kagura National Forest in Hokkaidô in October of 1954.

Stratification: After being soaked in tap water at room temperature for 48 hours, seeds were kept in moistened sphagnum in a deep petri dish. Stratification condition, at 25°C. (H) for m months followed by 2°C. (L) for n months, is represented by "mH-nL", and dewing before stratifying represented by "mH-nL·DW". Moreover, M shows 8°C.

Seed bed: Germination test was carried out at the least in duplicate in a 12 cm petri dish with moistened gauze spread over glass slides, having 50 seeds.

Incubating temperatures: Three incubators and a refrigerator were regulated at 25±1°C., 15±1°C., 8±1°C., and 2±1°C., respectively. Petri dishes under alternating temperatures were transferred from one incubator to the other at intervals of a given time. 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). The lots under daily alternation were kept at lower temperature when they could not be unavoidably

alternated.

2. Germination Results

All the seeds were stratified from November the 20th in 1954. The first germination test was carried out from April the 22nd, the second test from May the 19th, and the third test from June the 22nd in 1955.

- (1) Results of the first test: Shown in Fig. 1, Fig. 2, and Table 1.
- (2) Results of the second test: Shown in Fig. 3 to Fig. 6, and Table 2.
- (3) Results of the third test: Shown in Fig. 7, Fig. 8, and Fig. 9.

3. Discussion

(1) **Temperature-sensitivity against germination:** From the results obtained in these experiments, it was proved that stratified seeds of *F. mandshurica* var. *japonica* show special temperature requirement for germination; that is, most of these seeds do not germinate at the constant temperature of 25°C., but germinate well at a daily alternation of 25°C. (day) and 8°C. (night). Moreover, Fig. 5 shows that the higher or lower temperature has its optimal, respectively. These seeds also germinate better at lower constant temperature (15°C.) than at 25°C. constant, though less than at 25~8°C. Thus the curves of the germination process show that some process unfavorable for germination is produced under constant temperatures.

(2) **Alteration of temperature-sensitivity by stratification:** As reported already¹⁾, these seeds kept under dry condition after harvesting, fail to germinate without special treatment. Also, these seeds do not germinate even after only a warm (25°C.) stratification or a cold (2°C. or 8°C.) one. These seeds must experience a period of warm temperature before they are kept at cold temperature. Moreover, the hastening effect is affected by the length of a period at each temperature.

The following problems evolve from Fig. 10 showing this relationship.

- (i) Temperature-sensitivity for germination becomes faint as the period of low-temperature is lengthened after an optimal period of high-temperature.
- (ii) The effect of the subsequent low-temperature period is markedly increased by lengthening a period of high-temperature.
- (iii) Dewinging before stratification shortens the period for it, which suggests the possible relationship between pre-germination and the hastening effect, and the possible rôle of pericarp in the delayed germination.
- (iv) To hasten completely the germination of these seeds with little temperature-sensitivity, it takes six months in dewinged seeds, and seven months of compound stratification in fruits.

(3) **Conceivable changes occurring in the seeds subjected to unfavorable temperature for germination:** To clarify the mechanism of temperature-sensitivity, it should be known whether the non-germinating seeds under unfavorable temperature are at the same state as that of doubly-stratified seeds, or are suppressed by an inhibitory process produced under such a temperature. The results in Tables 1 and 2 suggest the presence of the positive inhibitory process in such seeds, and the reversibility of this process during a long period of 2°C. Such a process advancing under 25°C. does not seem always to be inhibitory to the interlocking system subservient to the germination of these seeds.

Because the longer the period of warm stratification is made, the shorter that of the cold one can be made. Moreover, this is also verified by the behavior of the seeds stratified under only low temperature.

4. Quantitative and Qualitative Development of Embryos during Compound Stratification

It has been already reported in the second paper²⁾ that the encased embryos of these seeds enlarge, and they are gradually released from dormancy during warm stratification. So here quantitative and qualitative development of these embryos was studied in connection with the hastening effect of compound stratification. Fig. 11 shows the process of the quantitative one—that is, pre-germination²⁾, and Table 3 indicates that of the qualitative one. Though the result in Fig. 11 suggests the possible relationship between pre-germination and the hastening effect, it may be appropriate to think that the pre-germination was brought about as the result of the complicated qualitative changes during warm stratification. Because, by means of cutting them, the germinating seeds proved to have not always fully enlarged embryos. The embryos of these seeds are gradually released from their dormancy during warm stratification, while such processes do not proceed during a cold one. These processes also do not proceed under dry condition, contrary to the result of DOLJA¹¹⁾. In short, it is certain that the delayed germination of these seeds is primarily caused by their embryo dormancy, which is broken through warm stratification.

5. Erosion of Seed Coats by Stratification

The effect of compound stratification on germination is thought to be partially brought about by the disposition of seed coats during the warm period.^{5) 8) 10)} And the seed coats of *F. mandshurica* var. *japonica* seeds also show a little change during stratification (Fig. 12). Seed coats softened by swelling seem to be broken down mechanically, but a similar condition also seems to result from the destruction by fungi, like *Pythium*, *Fusarium*, *Trichoderma*, and *Coremium*, which were found on the surface of seed coats at the end of stratification. Such a change of seed coats seems, however, to have no connection with the hastening effect on germination. Because the germination of these seeds cannot be hastened by only warm stratification.³⁾ So it should be something else that inhibits further development of the embryo released from dormancy. Thus the suberized membrane interior of seed coat comes into question. How would this membrane delay the germination of this seed? COX⁹⁾ gave weight to the impermeability of this membrane. On the contrary, the writer here takes up its mechanical resistance from certain reasons.³⁾ This membrane suffers, however, no change externally during compound stratification. Accordingly, it may be an embryo that is affected during the subsequent cold period. This influence may be favorably explained by the assumption that some changes occurring in seeds give embryos greater growing pressure, as CROCKER¹⁰⁾ described.

6. Supplement to the First Report¹⁾

On the seeds of the following species, their germination manners were investigated.

***F. rhynchophylla* seeds** (collected in Korea in 1954): This species belongs to Subsection Ornaster of Section Ornus. As expected, these seeds do not require stratification

and special temperature for germination (Fig. 13). But they have a little temperature-sensitivity, especially those with pericarps.

***F. americana* seeds** (collected in the Tokyo University Forest at Yamabe in Hokkaidô in 1954): These seeds resemble those of *F. mandshurica* var. *japonica* closely in temperature-sensitivity against germination (Fig. 14). Temperature requirement for stratification is, however, different between two species; that is, the latter requires warm followed by cold stratification, while the former needs only a cold one.

Discussion on seed characteristics among various species: From the results described in this paper it is shown that a type of seed dormancy or germination manner should be discussed in the reciprocity among the species—at least, within the same genus. For example, the difference in the temperature requirement for germination seems to be not so essential as it looks. That is to say, in the seeds of *F. mandshurica* var. *japonica* the property of the metabolic system subservient to the germination shifts from “sensitive state” to “insensible state” to temperature as after-ripening proceeds. On the other hand that in the seeds of *F. japonica*, etc., has been already at the “insensible state” when they have ripened apparently. Moreover, the temperature requirement for stratification may also be taken as another example. Most of *F. mandshurica* var. *japonica* seeds require warm followed by cold stratification, while most of *F. americana* seeds need only cold stratification for the conversion into “insensible state.” From this point of view, the various factors for pretreatment and germination may be investigated reciprocally and systematically.

Summary

- (1) *F. mandshurica* var. *japonica* seeds have special temperature requirement for germination.
- (2) Such a temperature requirement is variable with the composition and period of warm followed by cold stratification.
- (3) The period for stratification can be shortened by means of dewinging prior to it.
- (4) Stratification for hastening the germination of these seeds requires six months in dewinged seeds, and seven months in intact fruits.
- (5) Unfavorable temperatures in germination test produce the reversible inhibitory processes in doubly-stratified seeds, which are abolished by keeping them at 2°C.
- (6) Quantitative and qualitative development of these embryos during stratification shows that the delayed germination of these seeds is primarily caused by the embryo dormancy, which is broken down through warm stratification.
- (7) After its embryo dormancy has been abolished, the germination of this seed seems to be delayed by the mechanical resistance of enveloping tissues—maybe, a suberized membrane. The effect of the subsequent cold period should be rather in giving its embryo greater growing pressure than in changing the property of this membrane.
- (8) The seeds of *F. rhynchophylla* do not require special stratification for germination. But better results are obtained at 25~8°C. than at 25°C., especially in the case of intact fruits.
- (9) *F. americana* seeds, subjected to cold stratification, also have similar temperature requirement for germination, as those of *F. mandshurica* var. *japonica*.

(10) The results obtained suggest that the difference in the temperature requirement for germination is not so essential as it looks.