

カラマツの受粉適期と受粉回数

横山 敏孝⁽¹⁾・金子 富吉⁽²⁾・伊藤 昌司⁽³⁾
山崎 忍⁽⁴⁾・浅川 澄彦⁽⁵⁾

Toshitaka YOKOYAMA, Tomikiti KANEKO, Masashi Ito, shinobu YAMAZAKI
and Sumihiko ASAKAWA: The Most Favourable Time and Frequency
for Controlled Pollination in *Larix leptolepis* (SIEB. et ZUCC.) GORD.

要旨: カラマツ (*Larix leptolepis*) のメバナの開花を5つのステージに分け、おのおののステージごとに受粉したところ、苞りんがほぼ水平にまで開いてきてから葉が現われてきたときまでのステージ (開花ステージ・3) のときに充実したタネが最も多く取れた。このステージでの1回受粉に前と後のステージで受粉を追加しても球果あたりの充実したタネの数と充実率とは増加しなかった。これらのことから、開花ステージ・3を受粉の適期とみなした。

つぎに、この開花ステージ・3のときに、受粉を1~3回繰り返したところ充実したタネの取れる程度にはあまり差がなかった。メバナの受容性が高い時期に、ていねいに受粉が行なわれた場合には、球果あたりの充実したタネの数と充実率とは回数に比例した増加を示さないようだ。

はじめに

カラマツ属の交雑育種を進めるうえで、メバナの分化が少ないことが大きな問題であり、メバナの数を増加させる方法を見つけるためにいろいろな実験が行なわれている。しかし、メバナの比率を高める実用的な方法が見つかっていない現在では、人工交配を効率的に進めるには、限られたメバナからできるだけ多くの充実したタネを生産することが重要である。そのためには、まず、メバナから成熟球果への歩どまりを高める必要があり、風や霜の被害、病虫害などを防がねばならない。つぎに、ひとつの球果からできるだけ多くの充実したタネを取りたい。花粉の活力を低下させないように採取し貯蔵する方法、交配袋や花粉銃などの改善が大切であり、最も適した時期に受粉をおこなうことも欠かせない。

受粉適期の判定や受粉回数の問題は、人工交配を行なうための基礎のひとつとして重要であるが、日本の主要林についての報告はあまり多くない。カラマツについては、BARNER *et al.* (1960)¹⁾ が受粉のメカニズムとともに受粉適期の判定法について報告しているにすぎない。

スギについてみると、橋詰(1970)²⁾ はメバナの開花過程を「7期」に分けて、それぞれの所要日数を調べている。開花期および開花の経過は年度や個体によって異なるが、受粉に適した「満開」の状態は15日以上続き、珠孔の花粉受容可能期間は交配袋をかけた場合は平均33日にわたることを述べている。太田ら(1966)³⁾ は、メバナの開きかたを「8階級の花芽変化指数(仮称)」に大別して、2か年間の開花期を調べ、開花の「最盛期」は9日間と27日間であったことを報告している。福田(1970)⁴⁾ は、メバナの「開花状況」を「10段階」に区分して、52クローンについて開花期を調べ、珠孔液の分泌する期間は、クローネ

1972年9月14日受理

(1) (5) 造林部

(2) (3) (4) 関東林木育種場長野支場

全体のメバナについてみると17日間(52クローンの平均)あることをみている。日別に受粉した実験では少なくとも15日間はタネの充実率に大きな違いがないようである⁹⁾。

ヒノキについては、橋詰ら(1968)⁴⁾がメバナの開花過程を「7期」に区分して、珠孔液の分泌や珠孔の開きかたの観察に基づき、受粉の適期は「満開」後1週間くらいらしいとしている。野原(1944)⁴⁾は、交配袋を日別に開く方法で交配の適期を調査している。それによると、発芽力のあるタネの取れる期間は少なくとも1週間はあるようだ。

マツでは、Snow *et al.* (1943)¹⁴⁾が *P. caribaea* の開花を外観によって4つの「Stage」に分け、Pattinson *et al.* (1969)¹³⁾は、*P. kesiya* について顕微鏡切片を使った観察で開花を5つの「Class」に区分し、また、Ehrenberg *et al.* (1957)²⁾は *P. silvestris* のメバナの成長段階を4つ(細かく分けると7つ)の「stage」に分けて、それぞれ交配袋をかける時期、受粉の適期を調べている。クロマツについては、中井ら(1967)¹⁰⁾¹¹⁾が、メバナが桃色期から赤色期に達するころに受粉するのが望ましい。また、「交雑可能期間」は約10日あるがその最適期間は2~3日にすぎないように思われると述べている。渡辺ら(1969)¹⁹⁾はアカマツ、クロマツについて、「受精可能期間」は約2週間あり、最適時期は開花開始後5日目前後らしいと報告している。

この研究では、メバナの開花過程を形態的な変化を目印として5つのステージに区分して(実験1)、おのおのステージごとに受粉を行ない、取れたタネの充実の程度から受粉適期を判定する(実験2)。つぎに、適期とみなされるステージの期間内に回数を変えて受粉し、タネの充実の程度との関係を調べて、充実したタネをふやすには何回の受粉が必要かを明らかにする(実験3)。これらがこの実験の目的である。

受粉の適期ということは、ひとつの採種園全体について考える場合、個々の母樹についていう場合、あるいは、ひとつのメバナについての場合などいろいろなレベルで考えられ、受粉の適期はそれぞれの場合で必ずしも同じではない。ここでは、メバナのレベルで受容性の高いとみなせる時期を受粉の適期として考えていく。

育種をすすめていくうえで、特定のクローンのあいだで交配して充実したタネを多く取りたいというときには、交雑親和性が問題になることもあるだろうが、ここではこれらの問題については考えない。

この報告では、胚と胚乳とが形態的に認められるタネを充実したタネと呼んでいる。充実したタネは発芽力のあるタネと必ずしも同じではない。新しいタネでも充実していても発芽はしないタネがある。

この研究は、関東林木育種場長野支場経営課原種係と林業試験場造林部造林科種子研究室との共同で行なったものであるが、計画、現地での調査・処理、採取した材料の調査の中心となった横山がとりまとめにあたった。同支場の竹花修次経営課長^{*1}には計画の検討にも加わっていただき、また研究を進めるために多くの便宜を計っていただいた。心からお礼を申しあげる。

なお、この研究は、はじめ「主要針葉樹の交配技術の改善に関する研究」というテーマで、関東林木育種場、林業試験場造林部遺伝育種科第三研究室をも含めた共同研究として、スギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツ、カラマツを対象に計画されていたものの一部である。

*1 現長野営林局大町営林署

実験 1. メバナの開花過程の区分

メバナがどの程度開いたときに受粉すれば、充実したタネがよく取れるかを知るための第 1 歩として開花の過程を 5 つのステージに区分することを試みた。

1. 材料と方法

この実験は東京・目黒の林業試験場構内に植栽されているカラマツ (*L. leptolepis*) のうち、ASFL-I クロウンの数個体を使って 1969 年と 1970 年の 3～4 月に行なった。このクロウンは新しく伸びる長枝に、毎年メバナを分化するという変わった習性をもっている。開花過程の区分法をきめたのち、この区分法によって、樹高およそ 2 m のひとつの個体に着生したすべてのメバナの開花を調査した。また、開花ステージごとに 5～10 個のメバナを採取して、重量成長と含水率の変化とを測定した。

2. 結果と考察

芽りんが花芽の全体をおおっているつぼみの時期を開花ステージ 1 とし、種りんが外から見えはじめ花の状態の終わる時期を開花ステージ 5 として、この間を 3 つに分け、全体を 5 つのステージに区分した。連続している形態的な変化を目印にして区分するのであるから、ステージとステージとの境めは厳密には区切れないし、また、その必要もないだろう。

それぞれのステージの特徴は次の点である。これらは、Fig. 1, Table 1 に要約して示した。

開花ステージ 1：花芽の全体をおおっている芽りんがゆるみはじめてくる。苞りんを取りはずしてみると、向軸側に曲がっている。種りと胚珠との区別は明確ではない。珠心と珠皮とが形態的な分化を開始したところである。

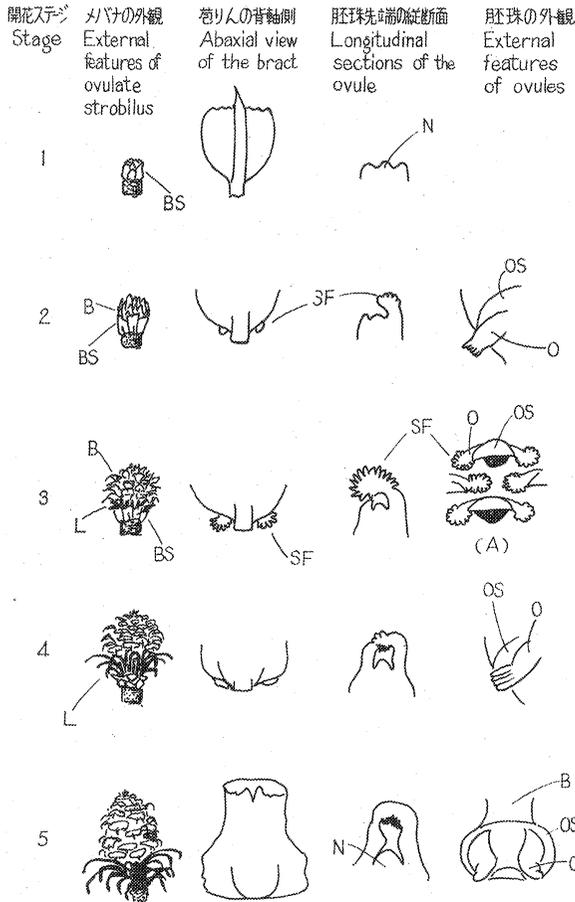
開花ステージ 2：芽りんが内側から押し破られた直後に苞りんを取り出して、その背軸側からみると、珠孔を形成する珠皮の一部が柱頭状になりはじめている。その表面にはぶつぶつがみられるが、毛状の突起には発達していない。柱頭状の珠皮を取り除かなくても珠心の先端がみえる。苞りんが芽りんの外へある程度伸び出てきたときには柱頭状の珠皮の表面には突起状の細胞がみられる。柱頭状の珠皮の反対側（種りんの下側）の珠皮はあまり伸びていない。

開花ステージ 3：苞りんのほとんどが露出し、外側へそりかえってほぼ水平になってくる。苞りんを軽く引っ張るとそれだけが取れて種りんはそのまま残り、大きく発達した柱頭状の珠孔先端部がよく見える。その表面は膨潤した突起状の細胞におおわれている。花粉粒はこの表面に付着するわけである。柱頭状の珠皮と向い合う側の珠皮もやや盛り上がってくる。メバナの下部にある葉が現われてくる (Photos. 1～4)。

開花ステージ 4：苞りんは完全にそりかえって、その向軸側が横からよくみえるとともに下部の葉が長くなって、メバナの真上からみえるようになる。苞りんだけを取り除くと柱頭状の珠孔先端部は種りんの陰になって見えにくくなる。柱頭状の珠皮は珠孔の内側に巻き込みはじめており、向い合った側の珠皮がかなり伸びてきている。

開花ステージ 5：苞りんのあいだから種りんが見えはじめる。苞りんと種りんとを同時に取りはずしてその背軸側からみると、柱頭状の珠孔先端部は見えなくなっている。柱頭状の珠皮は珠孔の内側にまきこみ、珠皮はさらに伸び、伸長してきたもう一方の側の珠皮と押しつけ合って珠孔の入口は閉ざされる。

これらの開花ステージのなかで、開花ステージ 3 が、花粉をとらえる装置である珠孔先端部の柱頭状の



N : Nucellus O : Ovule
 SF : Stigmatic flap B : Bract
 OS : Ovuliferous scale L : Leaves
 BS : Bud scale
 (A) 苞りだけをとりはずしたメバ
 ナの一部分 (Photo. 4 参照)
 (cf. Photo. 4.)

Fig. 1 メバナの開花ステージ
 (模式図)

Developmental stage of
 ovulate strobili (Diagram-
 matical sketch).

Table 1. カラマツのメバナの開花ステージ区分
 Criteria for developmental strobili in *Larix leptolepis*

開花ステージ Stage	メバナの 外観 External features of ovulate strobili	
1	芽りんがゆるんでくる。 Bud scales become loose.	
2	苞りんはとじた感じ。 Bracts are straight.	a. 芽りんがほころびる。 Ovulate bud bursts. b. 苞りんがかなり現われる。 Upper bracts become visible.
3	苞りんがほぼ水平。 Bracts become reflex horizontally	a. 苞りんのほとんどが現われ、外側へそりかえりはじめる。 Most bracts become visible and upper bracts become reflex. b. 葉が現われる。 Leaves become visible.
4	苞りんが完全にそりか える。 Bracts become reflex completely	a. 葉が開きはじめる。 Leaves begin to expand. b. 葉が長くなり、上からみると苞りんの外側にみえる。 Leaves become longer than bracts.
5	種りんが見え始める。 Ovuliferous scales become visible.	

珠皮がよく発達していること、苞りの形が花粉を受け入れやすいように見えることなどから、受粉に最も適した時期だと考えられる。

ひとつの個体に形成されたすべてのメバナについて、開花経過をステージ別に区分して調べた結果を Fig. 2 に示した。花芽がほころびはじめてから、花の状態のメバナがみられなくなるまでの期間はかなり長い。受容性が最も高いと考えられる開花ステージ3のメバナは、およそ4週間にわたってみられる。この個体全体としては、受粉適期とみられる期間は3月末から4月上旬のおよそ1週間である。参考までに開花期間の午前9時の気温 (1.2m高, 構内苗畑) を Fig. 2 の下部に示しておいた。

花の状態の終わるころ (開花ステージ5) には、つぼみが開く直前 (開花ステージ1) のときの重さのおよそ10倍に成長する。メバナの含水率は開花ステージ3のところまでやや増加するが、それ以後はほぼ

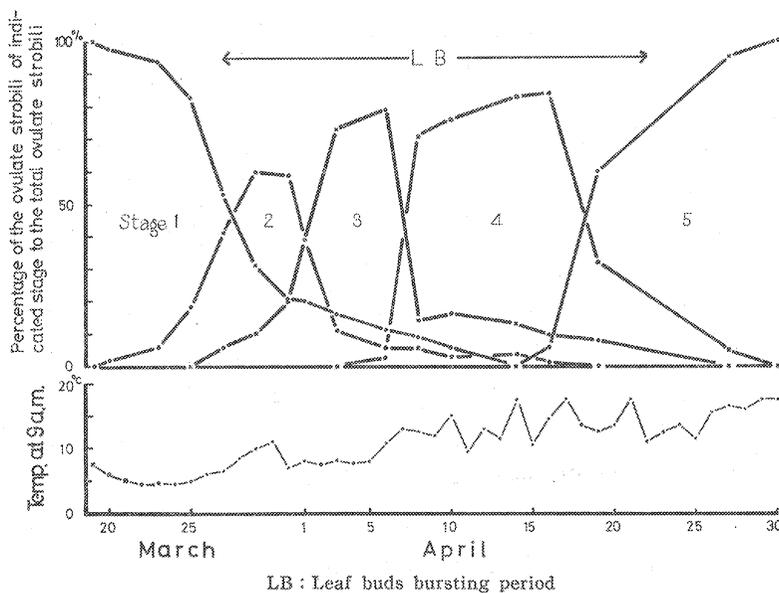
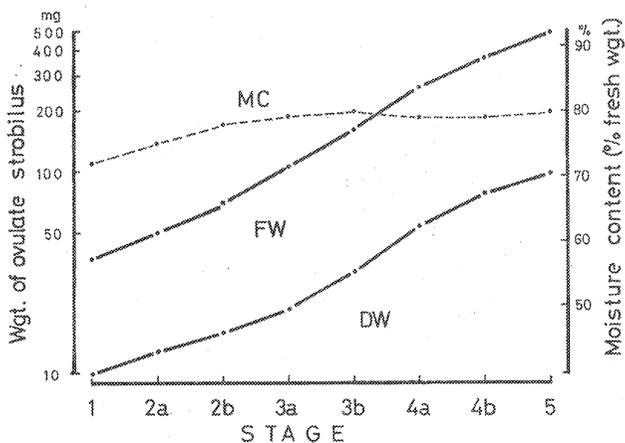


Fig. 2 東京・目黒におけるカラマツ (ASFL-I クローン) の開花経過のステージ区分
Change in developmental stage for 159 ovulate strobili on a single plant at the nursery, Meguro, Tokyo.



DW : Dry weight, FW : Fresh weight,
MC : Moisture content.
a : earlier time during the stage,
b : later time during the stage.
Average of 5~15 ovulate strobili.

Fig. 3 開花ステージごとのメバナの重量成長
Changes in weight and moisture content of ovulate strobili at various stages.

80% (生重ベース) で変化しない (Fig. 3)。

カラマツの開花期は気象条件によって変動することが知られており、積算温度と開花期との関係を明らかにし、開花期を予測する試みが行なわれている¹⁷⁾。カラマツの開花期を北海道において4年間調べた例では、「破蕾」から「花がとじて球果状になったとき」までの期間が5~8日である¹⁷⁾。筆者らの調査結果に比べると、開花の期間がかなり短い。開花の時期だけでなく、その期間も温度などの条件の影響を大きく受けるものである。また、アカマツの18クローンについて、メバナの開花日を調べた結果、クローン間で最大4.2日の差があったことが報告されている¹⁸⁾。

実験 2. 開花ステージ別の受粉と充実したタネの生産

メバナの開花過程を5つのステージに区分し、ステージごとに受粉を行なって充実したタネが最も多く取れるステージを調べた。

1. 材料と方法

関東林木育種場長野支場の採種園に植栽されているカラマツ (*L. leptolepis*) の3クローン (QMKS-6, ASFL-I, ASFL-II) からそれぞれ3個体ずつを使った。1970年4月13日に交配袋をかけ、4月17~5月8日に受粉した。交配袋は片面が北日本製紙 K. K. 製の紙、他の片面には透明なポリプロピレンを使っているので袋内がよく観察できる。数クローンの混合花粉を用い、1回の受粉に使った花粉の量は、交配袋あたり0.27 cc の割合になる。受粉は花粉銃を使って、おのおのステージの最初の日に行ない、受粉の翌日に、あるいは何回かの受粉を行なうときには一連の受粉が終了した翌日に、交配袋をとりかえた (Table 2)。花粉飛散期をすぎたのちは、ナイロン製の防虫網をかけて虫害を防いだ。

球果は9月25~26日に採取し、風乾後に球果ごとにタネを取り出して調査した。できるだけ小さなタネまで取り出し、極端に小さなものだけを取り除いてひとつの球果の全部のタネとした。充実したタネであるかどうかの判定は軟 X 線を利用する方法と、切断による方法とを併用して行なった。調査した球果数は、ひとつの処理について、QMKS-6 18~30個、ASFL-I 23~30個、ASFL-II 16~30個である (Table 2)。

Table 2. 実験 2 の処理番号の説明
Explanation of the treatments in Exp. 2

処理番号 Treat. No.	開花ステージ Stage				
	1	2	3	4	5
1	—	○	—	—	—
2	—	—	○	—	—
3	—	—	—	○	—
4	—	—	—	—	○
5	—	○	○	○	—
6	—	○	○	—	—
7	—	—	○	○	—

○印のステージで1回受粉した。

○: The pollination carried out once a day.

交配袋を使ったステージ別の受粉のほか、自然受粉の状態においたメバナに対してステージごとに全部で4回ほど、人為的に花粉を追加した場合(人工媒助)を自然受粉だけの場合と比べてみた。この場合には防虫網だけをかけておいた。

処理間の比較は、球果ごとに調べた充実したタネの数と充実率との平均値について行なった。この報告でいう充実率は、“(ひとつの球果から取れた充実したタネの数÷ひとつの球果の全部のタネ)×100” のことである。統計的な検定は充実したタネの数については $\sqrt{x+1}$ 変換を、充実率については逆正弦変換をした値について行なった¹⁵⁾。

2. 結果と考察

交配袋をかけたときのメバナの数の80%以上が球果にまで発育している (Fig. 4)。落果したものの多くは、おそらく交配袋による物理的な傷害によるものだろう。

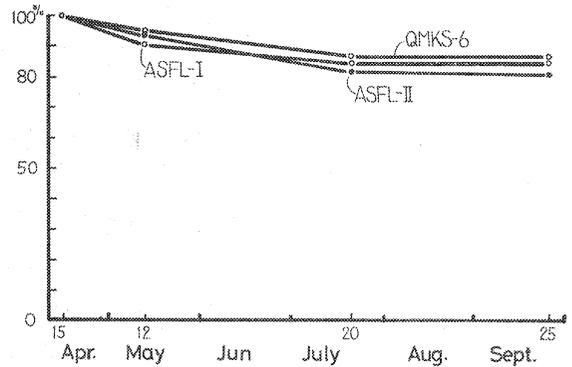
ステージ別に受粉したときの球果あたりの充実したタネの数と充実率は Fig. 5, Tables 3, 4 に示した。

開花ステージ3, つまり芽りんを押し開いて伸びてきたメバナの苞りんが、ほぼ水平にまで開いてきてから葉が現われてきたときまでのステージで充実したタネが最も多く取れている。このステージが受容性の高い、受粉の適期だとみてまちがいないさそうである。

ASFL-II の場合には、苞りんが完全にそりかえって葉が長くなったのち (開花ステージ4) も充実したタネが多い。この原因はよくわからないが、クローンの特性だというよりも何らかの、たとえば開花が遅れてステージ3の状態にあるメバナを除去しなかったといった、実験上の誤りではないかと考えている。また、QMKS-6 に開花ステージ5で受粉した場合に充実したタネができています。このことは柱頭状の珠孔先端部などについての形態的な観察に基づくと、考えられないことである。開花ステージの違うメバナがまざらないように注意して、これらの点について確認する必要がある。

受粉適期とみなせる開花ステージ3での受粉に加えて、その前の開花ステージでも受粉した場合 (処理6), 開花ステージ4での受粉を追加した場合 (処理7), さらに開花ステージ2, 4の両ステージとも受粉した場合 (処理5) のいずれにおいても、充実したタネの取れる程度は開花ステージ3で1回だけ受粉した場合 (処理2) と大差がない (Fig. 6, Tables 3, 4)。ただ、詳しくみると、QMKS-6 では処理6での充実したタネの取れかたが少なすぎ、ASFL-II では処理2が小さな値を示している。これらの点の理解は困難だが、メバナの受容性が異なるためだとは考えにくい。

開花ステージ3以外のステージでの受粉を追加しても、充実したタネを多くする効果はほとんどみられないわけである。このことは球果あたりの充実率があまり高くないのであるから (Fig. 8), 開花ステージ3での1回受粉で胚珠のほとんどが受粉したためと考えるよりも、開花ステージ2, 4での受粉によっては、未受粉の胚珠にあらたに花粉がかかる可能性がほとんどないと考えたほうがよいだろう。それで



Number of ovulate strobili at bagging : QMKS-6 349, ASFL-I 326, ASFL-II 338.

Fig. 4 結果率
Cone setting percent (Exp. 2).

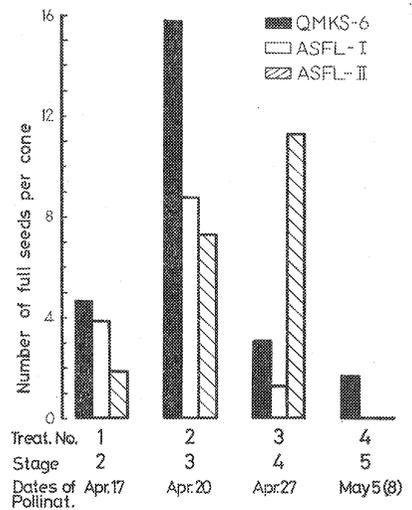


Fig. 5 開花ステージ別に受粉したときの球果あたりの充実したタネの数
Number of full seeds per cone when pollinated at different stages.

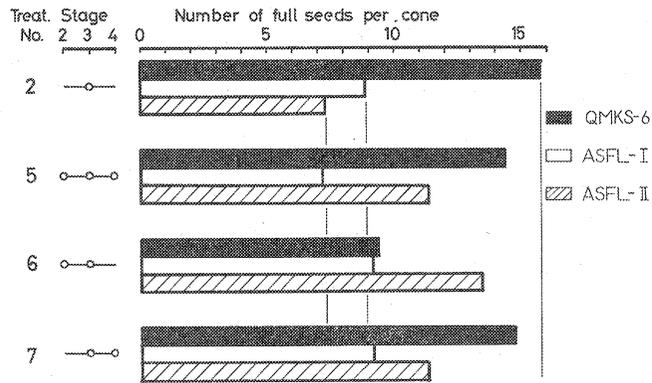


Fig. 6 開花ステージ別の受粉を組み合わせたときの球果あたりの充実したタネの数
Number of full seeds per cone from a series of pollination at various stages (Exp. 2).

Table. 3 開花ステージ別に受粉したときの球果あたりの充実したタネの数の比較
A comparison of number of full seeds per cone among treatments pollinated at different stages (Exp. 2)

処理番号 Treat. No.	1	2	3	4	5	6	7
1	1.9						
2	*	7.3					
3	*		11.3				
4	*	*	*	0			
5	*	*	*	*	11.4		
6	*	*	*	*	*	13.5	
7	*	*	*	*	*	*	11.4

Table. 4 開花ステージ別に受粉したときの球果あたりの充実率の比較
A comparison of percentage of full seeds per cone from a series of pollinations at various stages (Exp. 2)

処理番号 Treat. No.	1	2	3	4	5	6	7
1	1.1						
2	*	5.7					
3	*		10.0				
4	*	*	*	0			
5	*	*	*	*	10.3		
6	*	*	*	*	*	11.4	
7	*	*	*	*	*	*	9.3

処理番号 Treat. No.	1	2	3	4	5	6	7
1	3.9						
2	*	8.8					
3	*	*	1.3				
4	*	*	*	0			
5	*	*	*	*	7.2		
6	*	*	*	*	*	9.2	
7	*	*	*	*	*	*	9.2

処理番号 Treat. No.	1	2	3	4	5	6	7
1	2.7						
2	*	8.1					
3	*	*	0.6				
4	*	*	*	0			
5	*	*	*	*	6.6		
6	*	*	*	*	*	7.1	
7	*	*	*	*	*	*	8.0

処理番号 Treat. No.	1	2	3	4	5	6	7
1	4.7						
2	*	15.8					
3	*	*	3.1				
4	*	*	*	1.8			
5	*	*	*	*	14.4		
6	*	*	*	*	*	9.4	
7	*	*	*	*	*	*	14.8

処理番号 Treat. No.	1	2	3	4	5	6	7
1	4.7						
2	*	18.6					
3	*	*	2.3				
4	*	*	*	1.1			
5	*	*	*	*	18.1		
6	*	*	*	*	*	11.9	
7	*	*	*	*	*	*	17.9

* Significant at 5% level.
- Not significant.

* Significant at 5% level.
- Not significant.

Table 5. 自然受粉と人工媒助のときの球果あたりの充実したタネの比較
Number of full seeds per cone for open pollination and supplementary pollination (Exp. 2)

クローン Clone		自然受粉 Open polli.	人工媒助 Supple. polli.
QMK S-6	充実したタネ Full seeds	9.8*	18.0*
	充実率 Full seeds in percent	11.4%*	21.8%*
A S F L-I	充実したタネ Full seeds	3.1*	8.1*
	充実率 Full seeds in percent	2.2%*	6.0%*
A S F L-II	充実したタネ Full seeds	5.3*	11.8*
	充実率 Full seeds in percent	6.0%	8.2%

* 自然受粉と人工媒助との差は5%レベルで有意である。
The difference between open pollination and supplementary pollination was statistically significant at 5% level.

は、開花ステージ3の期間内に受粉を繰り返せば、充実したタネがどの程度増加するだろうか、この点を明らかにしようと試みたのが次の実験である。

自然受粉のもとで取れた、球果あたりの充実したタネはあまり多くはない。人為的に花粉を追加する(人工媒助)と、充実したタネはほぼ2倍に増している (Table 5)。それでも開花ステージ3での1回だけの受粉の結果とあまり変わらない数である。これらのことは採種園内の花粉密度が意外に低かったことを表わしているように思われる。

実験 3. 受粉の回数と充実したタネの生産

実験2の結果から、受粉適期と考えられる開花ステージの期間内で受粉の回数を変えて、充実したタネのできかたとの関係を調べた。

1. 材料と方法

受粉は1971年4月14~16日の間に、1日に1回ずつ、1~3回行なった (Table 6)。数クローンの混合花粉を使ってできるだけいいに受粉したが、1回に使った花粉量は測定していない。ほとんどの受

Table 6. 実験3の処理番号の説明
Explanation of the treatments in Exp. 3

処理番号 Treat. No.	受粉回数 No. of polli. times	受粉日と交配袋のとりかえ日 Dates of pollination						
		14	15	16	17	18	19	
○印のところで1回受粉し□のところで新しい交配袋にとりかえた。								
○ : One pollination was carried out.	1	○	—	□				
□ : Isolation bags were renewed.	2	○	—	—	—	□		
	3	○	—	○	—	□		
	4	○	—	—	○	—	□	
	5	○	—	○	—	○	—	□

Table 7. 10メッシュのフルイを使ったタネの大きさの区分
Classification of seeds by the sieve (Tyler, 10 Mesh) (Exp. 3)

クローン Clone		タネの大きさの区分別の数 (%)				球果あたりの タネの数 Total seeds per cone	調査した球 果数 Researched cones
		A	B	C	Total		
QMKS-6	すべてのタネ Total seeds	75.4%	6.6%	18.1%	100%	119.2	129
	充実したタネ Full seeds	98.9	1.1	0	100	40.6	
ASFL-I	すべてのタネ Total seeds	54.8	13.2	28.4	100	160.6	108
	充実したタネ Full seeds	97.6	2.4	0	100	75.0	
ASFL-II	すべてのタネ Total seeds	84.4	15.6	—	100	(96.4)	106
	充実したタネ Full seeds	97.4	2.6	0	100	25.0	

A: 10メッシュ (Tyler, 1.651m/m) のフルイでとまったタネ。

Seeds retained on the sieve of 10 mesh (Tyler, 1.651m/m).

B: フルイの目からおちたもの (実験2ではこの区分までタネとしてかぞえた)。

Seeds passing through the sieve of 10 mesh.

C: Bよりもさらに小さなタネ。 Seeds smaller than those in group B.

粉は午前中に行なった。

球果ごとに、肉眼で判別可能なタネはすべて取り出し、10メッシュ (Tyler, 目の開き 1.651m/m) の篩で区分した。充実したタネの調査は、この篩で止まったタネについて行なった。篩の目から落ちるタネのなかにも、わずかではあるが充実したタネがある。しかし、球果あたりにして0.8~1.8個、充実したタネ総数の1.1~2.6%にすぎないので、ここでは無視することにした (Table 7)。前の実験2では充実したタネはすべて数えている。調査した球果数は、ひとつの処理について、QMKS-6 22~28個、ASFL-I 16~30個、ASFL-II 22~30個である。

そのほかの方法は実験2と同じである。QMKS-6, ASFL-II の両クローンでは使った個体も実験2と同じであるが、ASFL-I では同じではない。

2. 結果と考察

受粉回数が1~3回の範囲では球果あたりの充実したタネの数や、充実率には大きな違いがなかった (Fig. 7, Tables 8, 9)。

詳しくみると、QMKS-6 では充実したタネの数、充実率ともに有意な差はない (5%水準)。ASFL-I では、充実したタネの数はあまり変わらないが、充実率で表わすと1回の受粉 (処理1, 2) は、2回受粉 (処理3, 4) よりも小さく、2回受粉と3回受粉 (処理5) との差は少ない。しかし、1回受粉と3回受粉との差は統計的には有意ではない (5%水準)。ASFL-II についてみると、充実したタネの数、充実率とも2回受粉 (処理4) のひとつの処理が他よりもかなり大きい。前のふたつのクローンと比べると、むしろ、他の処理の値が低すぎるようである。

受粉した翌日に交配袋を新しいものに取り替えた場合と、1~2日おいて取り替えた場合とでは、球果あたりの充実したタネの数、充実率には大きな違いはない。メバナにかかわらずに交配袋に残った花粉が、あらためて受粉にあずかることはほとんどないものようである。

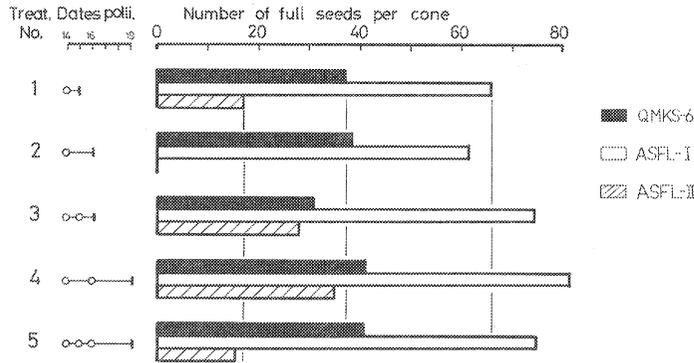


Fig. 7 受粉回数をかえたときの球果あたりの充実したタネの数
Number of full seeds per cone when pollinated once, twice or three times respectively during stage 3 (Exp. 3).

Table 8. 受粉回数をかえたときの球果あたりの充実したタネの数
Number of full seeds per cone when pollinated once, twice or three times respectively during stage 3 (Exp. 3)

クローン Clone	処 理 番 号 Treat. No.				
	1	2	3	4	5
QMKS-6	35.2	38.6	30.1	41.2	41.2
ASFL-I	65.6	62.6	74.4	81.4	74.8
ASFL-II	15.7	—	20.8	34.9*	15.5

* ASFL-II のなかの他の処理との間の差は有意である (5%)。
The difference between other treatments in ASFL-II clone was statistically significant at 5% level.

1~3回の受粉の間で球果あたりの充実したタネの取れかたが、あまり変わらない原因として、次のことが考えられる。そのひとつは、1回に使った花粉量で受粉可能な胚珠はほとんど受粉してしまい、それ以上の花粉は必要なかったということである。この考えに立つと、1回の花粉量が少なければ、受粉回数が多い方が充実したタネは多くなるであろう。

もうひとつは、受粉回数が2、3回となると受粉した胚珠は増加するのであるが、充実できないタネがふえて、結果的には1回受粉の場合と変わらないことになるという考えである。つまり、この実験に示された充実率、QMKS-6で50%弱、ASFL-Iで80%台、またASFL-IIではほぼ40%が上限であって、球果あたりの充実したタネはこれ以上にはなりにくいということである。どちらの説明が適切であるかはさらに実験を進めなければわからない。

これらのほかに、一度受粉した胚珠では柱頭状胚珠孔先端部がその機能を失って、あとの花粉を取り込みにくくなるということもひとつの可能性としてあげられる。

3クローンとも同じ実験者が同じように受粉しているのに、ASFL-IIでは小さな値を示す処理が多く、反対にASFL-Iでは球果あたり63~81粒と多くの充実したタネが取れている。さらに、1回だけの受粉について、実験2の開花ステージ3での1回受粉と比べると、実験3の場合のほうがかなり多くの充実したタネが取れている (Fig. 8)。QMKS-6では2.1倍、ASFL-IIでは2.3倍、とくにASFL-Iでは7.3倍

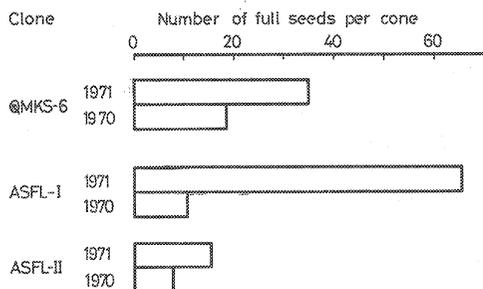


Fig. 8 開花ステージ3で1回受粉したときの充実したタネのとれかたのちがい

The difference in number of full seeds between the cones pollinated once at stage 3 in 1970 and in 1971.

にも達している。なかでも QMKS-6, ASFL-II のふたつのクローンでは、同じ個体を使って花の開きかたが同じ時期に受粉したものである。なぜこのような違いが生じたのかはわからない。花粉の稔性や花粉のかかりかたの程度の違いがひとつの可能性として考えられる。ひとつの胚珠に1~2個の花粉がとりこまれる程度の受粉の場合には、花粉の稔性が大きく影響するだろう。

む す び

人工交配を行なうには、メバナの状態を観察して適切な時期に交配袋をかけ、最もよい時期に受粉することが必要である。これらの時期の判定はメバナの形や色、胚珠の形態、珠孔液の分泌状態などの変化に基づいて行なわれている。

BARNER *et al.* (1960)¹⁾ はニホンカラマツ (*L. leptolepis*) を使って観察をしている。かれらによると、メバナから苞りんをとりはずして、その苞りんを背軸側から見たときの形と、柱頭状の珠孔先端部(stigmatic flap) の突出状態とで受容性を判定するのがよい。苞りんが倒心形をしており、柱頭状の珠孔先端部がはっきりみえるときが受粉の適期であり、苞りんが長方形を取り、柱頭状の珠孔先端部が見えにくくなってくると受容性の終わりの段階である。苞りんの外観だけではじゅうぶん指標ではない。このように述べている。これらのことは著者らの観察と一致する。ただ、著者らは実用的な立場から、メバナの外観の変化に重点をおいて開花を観察した。生物学的にみた場合の受容性の始まりと終わり、また最も受容性の高い期間を知ることを直接の目的としてはいない。いつ受粉を行なえば効果的かという問いに対しては、メバナの外観に基づいてじゅうぶん答えることができる。すなわち、芽りんを押し破って伸び出してきた苞りんが、ほぼ水平にまで開いてきてから、葉が現われてきたときまでが受粉の適期である。しかしながら、

Table 9. 受粉回数をかえたときの球果あたりの充実率の比較

A comparison of percentage of full seeds per cone when pollinated once, twice or three times respectively during stage 3. (Exp. 3)

処理番号 Treat. No.	1	3	4	5
1				
3	-			
4	*	*		
5	-	-	*	
Treat. No.	1	3	4	5
Full seeds (%)	19.5	26.2	43.3	20.2

処理番号 Treat. No.	1	2	3	4	5
1					
2	-				
3	*	*			
4	*	*	-		
5	-	-	-	-	
Treat. No.	1	2	3	4	5
Full seeds (%)	71.5	71.5	84.5	86.6	81.5

処理番号 Treat. No.	1	2	3	4	5
1					
2	-				
3	-	-			
4	-	-	-		
5	-	-	-	-	
Treat. No.	1	2	3	4	5
Full seeds (%)	40.1	47.9	35.7	45.4	45.5

* Significant at 5% level.
- Not significant.

苞りんの変化はクローンによって必ずしも同じではないようであり、ある程度開花の進んだ(開花ステージ3の後半以降)メバナについて、受容性が高いかどうかを判定するには、メバナの外観だけではじゅうぶんでないことがある。この場合には、柱頭状の珠孔先端部の状態を観察せねばならない。BARNER *et al.* (1960)¹⁾の方法のほかに、メバナの包りだけを数個とりはずし——軽く引っ張れば簡単に取れる——、メバナの軸に残された柱頭状の珠孔先端部を観察する方法がある(Photo. 4)。受容性の高いあいだは表面に突起状の細胞をもつ柱頭状の珠孔先端部がはっきり見え、受容性が失われてくると突起状の細胞は見えなくなり、柱頭状の珠孔先端部そのものも種りんに隠れて見えにくくなってくる。

BARNER *et al.* (1960)¹⁾は実際に受粉を行なって、受容性のある期間は2~3週間続き、中央の1週間は受容性が高く変化のない期間であろうと述べている。著者らの実験でも受容性の高い受粉に適したステージは、ほぼ1週間続くと思われる。

自然受粉のときの球果あたりの充実率は、2~11%であった。参考までにほかの採種園での自然受粉をみると、斎藤ら(1965)¹⁰⁾の5か年間の調査では、平均充実率は1~19%になっている。また、自然受粉の状態のメバナに人為的に花粉を追加してかけた実験(人工媒助)では、充実率が7%から24%に増加している。著者らの実験では2倍前後に増している。これらの採種園では、花粉密度を増してやれば充実したタネが多く取れたことを示しているといえるだろう。

受粉回数を増せばタネの稔性は向上する、と一般にいわれている。しかし、このことを実験的に確かめた報告はほとんどない。中井ら(1967)¹¹⁾のクロマツについての実験では、1回受粉よりも2回受粉のほうが落果がわずかに少なくなっているが、「種子稔性」には変わりがない。渡辺ら(1969)¹²⁾は、アカマツとクロマツで実験して、1~3回の受粉回数と結果率および球果あたりの「充実種子数」とのあいだにはっきりした傾向を認めていない。スギについては、河村ら(1970)⁶⁾が、「開花最盛期」に受粉すれば1回の受粉でも2、3回の受粉に劣らない結果率、タネ数、発芽率がえられることを報告している。著者らの実験でも1~3回の受粉の間では、充実したタネの取れる程度には変わりがなかった。もっとも、このことは受粉適期(開花ステージ3)のメバナに、じゅうぶんでないに受粉したときの結果であって、実用的な面からみると、採種園はもちろん、ひとつの母樹を対象とする場合にも、メバナによって開花の進みかたに差があるだろうから、1回の受粉だけでじゅうぶんだということを意味するものではない。また、2、3回受粉するときには、受粉と受粉との間隔をもっと長くした場合についても実験をして確かめることも必要かもしれない。

文 献

- 1) BARNER, H. and CHRISTIANSEN, H.: The formation of pollen, the pollination mechanism, and the determination of the most favourable time for controlled pollination in Larix. *Silv. Genet.*, 9, 1, 1~11, (1960)
- 2) EHRENBERG, C. E., and SIMAK, M.: Flowering and pollination in Scots pine (*Pinus silvestris* L.). *Medd. Fr. Stat. Skogsforsknings-inst.* 46, 12, 1~23, (1956)
- 3) 福田知明: スギの交雑育種に関する研究, 埼玉県林試業務成績報告, 13, 9~21, 1970.
- 4) 橋詰隼人・岡田泰久: ヒノキの開花と受粉の機構ならびに人工受粉の適期について, 日林関西支講, 19, 120~122, (1968)
- 5) 橋詰隼人: スギの開花と受粉, 81回日林講, 155~157, (1970)
- 6) 小林 隆: シンポジウム 交配技術, 林木の育種, 特集号, 9~20, (1965)

- 7) 倉橋昭夫・佐々木忠兵衛・浜谷稔夫：開花期と積算温度，北海道の林木育種，9, 2, 20~27, (1966)
- 8) 河村嘉一郎・山田二郎：スギの交配技術に関する基礎調査(Ⅲ) 受粉の回数および時刻について，81回日林講，147~148, (1970)
- 9) 野原勇太：林木の一，二遺伝試験について(予報)(五)，御料林，187, 9~20, (1944)
- 10) 中井 勇・藤本博次・稲森幸雄・伊佐義郎・佐野宇一：マツ類の交雑育種に関する研究(1) クロマツの種内交雑ならびに他のマツ類数種との種間交雑の可能性，京大演報，39, 125~143, (1967)
- 11) 中井 勇・藤本博次・伊佐義郎：マツ類の種間交雑に関する研究，受粉時期およびその回数と種子稔性との関係，林業技術，299, 25~27, (1967)
- 12) 太田 昇・安食勝行：スギの開花・花粉飛散期について，日林東北支講，17, 29~31, (1966)
- 13) PATTINSON, J. V., BURLEY, J. and GEARY, T. F. : Development of the ovulate strobilus in *Pinus kesiya* ROYLE ex GORDON (syn. *P. khasya* ROYLE) in relation to controlled pollination in Zambia. *Silv. Genet.*, 18, 4, 108~111, (1969)
- 14) SNOW, JR., A. G., DORMAN, K. W. and SCHOPMEYER, C. S. : Development stages of female strobili in Slash pine. *Jour. For.*, 41, 12, 922~923, (1943)
- 15) SNEDECOR, G. W. (畑村又好ほか共訳)：スネデカー統計的方法，岩波書店，東京，288~292, (1963)
- 16) 斎藤幹夫・丸岡富次郎・西岡利夫：カラマツ採種園における諸調査(第2報) 採種木の着花状態と開花期・花粉飛散期・タネの稔性などについて，北海道の林木育種，7, 2, 13~25, (1965)
- 17) 高橋延清・功力六郎：カラマツの品種改良に関する研究(第2報) ——カラマツ類の季節調査資料——，日林北支講，10, 9~12, (1961)
- 18) 高山芳之助：アカマツの採種園に関する研究(Ⅲ) 開花日におけるクローン間差異，日林誌，50, 4, 103~108, (1968)
- 19) 渡辺 操・岩川盈夫：マツ類の人工受粉技術ならびに種間交雑について，林試研報，244, 125~126, (1969)

写真説明

Explanation of photograph

- Photo. 1 開花ステージ3の前半のメバナ
The ovulate strobilus at earlier stage 3.
Most bracts become visible, and upper bracts become reflex.
- Photo. 2 開花ステージ3の後半のメバナ
The ovulate strobilus at later stage 3.
Bracts become reflex horizontally.
- Photo. 3 開花ステージ3のメバナからとりはずした苞りを背軸側からみたところ
Abaxial view of the bract removed from the ovulate strobilus during the stage 3.
Two stigmatic flaps are seen at the lower end of the bract.
- Photo. 4 苞りだけを取り除いたメバナの一部(開花ステージ3), (Fig. 1 参照)
The part of ovulate strobilus (Stage 3).
Bract are removed to show stigmatic flaps at both sides of ovuliferous scales.
(cf. Fig. 1).

**The Most Favourable Time and Frequency for Controlled
Pollination in *Larix leptolepis* (SIEB. et ZUCC.) GORD.**

Toshitaka YOKOYAMA⁽¹⁾, Tomikiti KANEKO⁽²⁾, Masashi ITO⁽³⁾,
Shinobu YAMAZAKI⁽⁴⁾ and Sumihiko ASAKAWA⁽⁵⁾

Summary

As is well known, in order to increase the yield of full seeds, the controlled pollinations have to be done during the most receptive stage of ovulate strobili and to be repeated several times. The present investigation was carried out to determine the optimum time and frequency for efficient controlled pollination.

The development of ovulate strobili was classified into five stages to determine the most favourable time for controlled pollination. The classifying is based on various external and morphological features (Table 1 and Fig. 1). The process of flowering of each ovulate strobilus on a plant and the growth of ovulate strobilus in weight at various developmental stages were studied based on the above classifying method on a clone (ASFL-1) (Figs. 2, 3).

Controlled pollinations were carried out with three clones at various developmental stages. The maximum full seed yield per cone was given from the pollination at stage 3 (Fig. 5, Table 3, 4 and Photos. 1, 2, 3, 4). The number of full seeds per cone did not increase when the pollinations at stages 2 or/and 4 were added to the pollination at stage 3 (Fig. 6). According to these results it was concluded that the ovulate strobili at stage 3 were most receptive and the most favourable time for controlled pollination.

The number of full seeds per cone was almost the same for a single, two, or three pollinations during stage 3 (Fig. 7, Tables 8, 9). If a pollination is performed carefully when the ovulate strobili are highly receptive (stage 3), it seems that full seed yield is nearly equal irrespective of the frequency of pollination.

The number of full seeds per cone was considerably different between the experiments in 1970 and in 1971, although the ovulate strobili were pollinated once at the stage 3 on the same clone (Fig. 8).

When pollen was applied supplementarily to open pollinated ovulate strobili at stages 2, 3 and 4, the number of full seeds per cone increased about two times as many as open pollinated cones (Table 5).

Received September 14, 1972

(1)(5) Forest Silviculture Division

(2)(3)(4) Nagano Branch, Kanto Forest Tree Breed. Sta., Komoro, Nagano

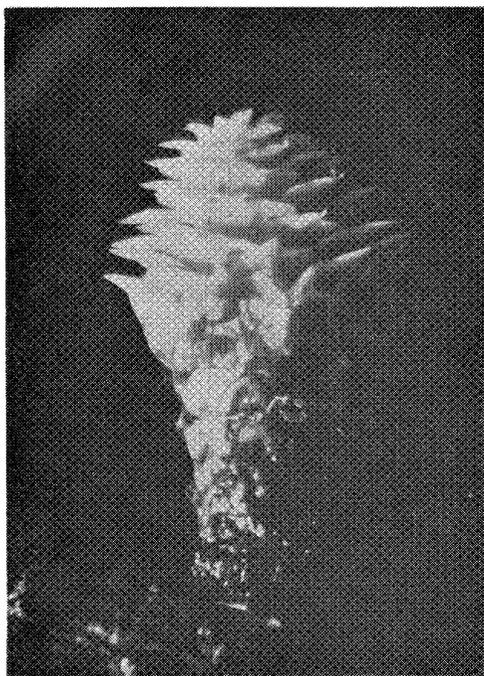


Photo. 1

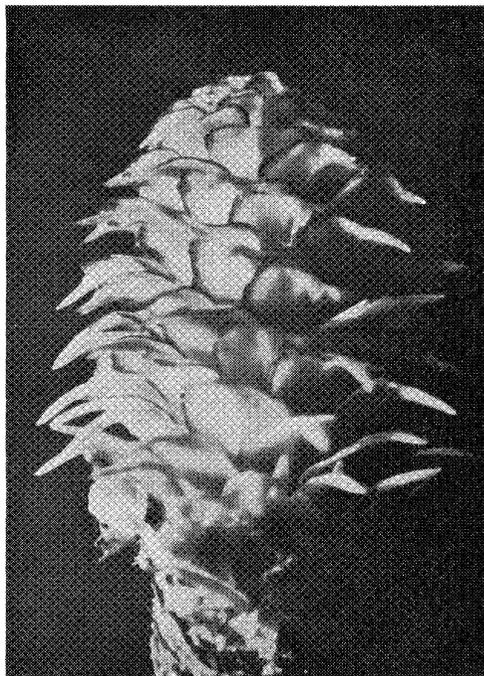


Photo. 2

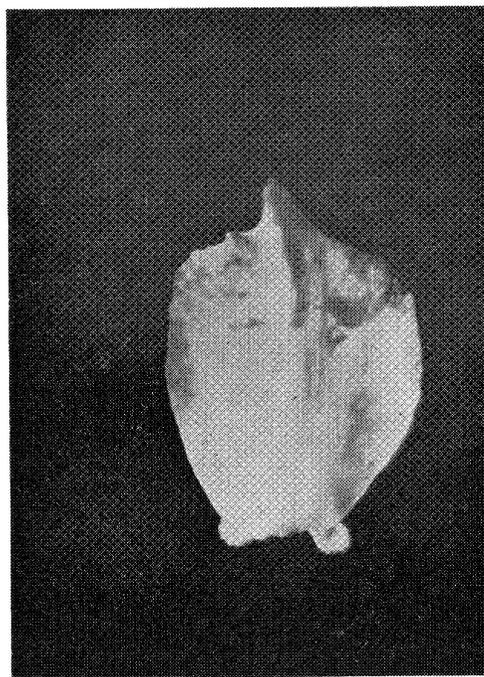


Photo. 3



Photo. 4