

マツ類の種間交雑における受精について Ⅱ

上田弘一郎. 吉川勝好. 稲森幸雄

Koichiro UEDA, Katsuyoshi YOSHIKAWA and Yukio INAMORI

On the Fertilization of Interspecies Crossing in Pine Ⅱ.

目	次
1 緒言.....137	(E) ♫ 280日目.....140
2 材料ならびに方法.....137	(F) ♫ 320日目および330日目.....140
3 実験結果.....138	(G) ♫ 350日目.....141
(1) 交雑結果.....138	(H) ♫ 360日目.....141
(2) 雌性配偶体の発達.....139	4 考察.....142
(A) 受粉後10日目.....139	5 摘要.....143
(B) ♫ 40日目および70日目.....139	参考文献.....144
(C) ♫ 100日目.....140	Summary.....145
(D) ♫ 130日目および160日目.....140	

1 緒言

マツ科植物の受精ならびに胚子の発生学的研究は古くからすでに Hofmeister (1846, '49 '51 '58 '62 '67), Goroschankin (1883), Strasburger (1889, '72 '78 '84 その他), Belajeff (1891), Dixon (1894), Coulter (1897), Blackman (1898), Atkinson (1898), Ferguson (1901 '04) 等多くの研究者によって行なわれている。これらの研究者は *P. sylvestris*, *P. strobus*, *P. austriaca*, *P. rigida*, *P. resinosa*, および *P. montana* var. *uncinata* などを材料に用い、胚子の発達と受精および花粉管の発達と精核の分裂についてその機構を解明している。しかしながらマツ属の種間交雑における受精あるいは胚子発生に関する細胞学的研究はほとんど明らかにされていない。

著者らは1957年以来、外国産マツ（5葉および3葉）、と本邦産マツ（2葉）との各種間で交雑を行なっているが、種子稔性は非常に低く、得られた種子はほとんど秕である（未発表）。これらの交雑組合せ間の不稔現象を究明するために、また林木育種における交雑育種をも進めてゆくうえの基礎資料として、本実験はその第一段階として、授粉してから受精前にいたるまでの雌性配偶体の発達について、上述の研究者達の結果を参考にして比較検討した。現在もなを継続中であるが、その一部は1961年4月、日本林学会に発表した。その後の結果をあわせて報告する。

2 材料ならびに方法

用いた材料は第1表に示すとおりである。

交雑は京都大学農学部演習林本部試験地において、1960年5月16日および5月31日に人工交配を行なった。受粉後10日目、30日目以後30日目毎に280日目まで、280日目から320日目、320日目、330日目、350日目および360日目迄不規則に材料を固定し観察した。材料は球果の中央部の鱗片の胚珠を用い、ブアン液で24時間固定し、その後脱臘のためパラジクロベンゾールの飽和水溶液で5分間処理後、水洗した。永久プレパラートの作製はすべてパラフィン法によるミクロトーム切片とし、染色はハイデンハイン鉄明礬ヘマトキシリン法によった。

Table 1. Materials and Cross combinations used in experiments

year	(♀)	(♂)
1960. 5. 30	<i>Pinus strobus</i> (5 leaves, 30 years old)	× <i>Pinus excelsa</i> (5 leaves, 30 years old)
〃	〃	× 〃 <i>strobus</i> (〃)
〃	〃	× 〃 <i>Koraiensis</i> (〃)
〃	〃	× 〃 <i>Taeda</i> (3 leaves, 30 years old)
〃	〃	× 〃 <i>Pinaster</i> (3 leaves, 20 years old)
〃	〃	× 〃 <i>luchuensis</i> (2 leaves, 30 years old)
〃	〃	× 〃 <i>densiflora</i> (2 leaves, Ca. 100 years old)
〃	〃	× 〃 <i>Thunbergii</i> (〃 12 years old)
〃	〃	Free
〃	<i>Pinus Taeda</i> (3 leaves, 30 years old)	Free
〃	〃 <i>densiflora</i> (2 leaves, 12 years old)	〃
〃	〃 <i>Thunbergii</i> (〃)	〃
1960. 6. 15	<i>Pinus Bungeana</i> (3 leaves, 20 years old)	× <i>Pinus excelsa</i> (5 leaves, 30 years old)
〃	〃	× 〃 <i>Pinaster</i> (3 leaves, 20 years old)
〃	〃	Free

3 実験結果

(1)交雑結果

第1表にしめすような組合せにおける交雑可能および不能の結果は第2表にしめすとおりである。

Table 2. Cones and seeds obtained from the crosses between
P. strobus (♀) and *P. excelsa* (♂) and six other species

Crosses	Year	No. of flowers pollinated	No. of cones developed	No. of seeds developed	No. of seeds per cone
<i>P. strobus</i> × <i>P. excelsa</i> (5 lvs., 30 years old) (5 lvs., 30 years old)	33	126	21	628	29.9
〃 × <i>P. strobus</i> (5 lvs., 30 years old)	33	70	26	692	26.6
〃 × <i>P. Koraiensis</i> (5 lvs., 30 years old)	33	83	32	402	12.6
〃 × <i>P. Taeda</i> (3 lvs., 30 years old)	33	49	1	0	0
〃 〃	34	120	14	0	0
〃 × <i>P. luchuensis</i> (2 lvs., 30 years old)	33	106	12	61	5.1
〃 × <i>P. densiflora</i> (2 lvs., ca. 100 years old)	33	126	11	0	0
〃 〃	34	97	4	12	3.0
〃 × <i>P. Thunbergii</i> (2 lvs., 12 years old)	34	84	11	39	3.5
〃 × <i>P. Thunbergii</i> (2 lvs., ca. 100 years old)	33	87	24	0	0
〃 Free	33	60	10	98	9.8

第2表にしめすとおり、一般に5葉松×5葉松の交雑は容易であるが、5葉松×3葉松および5葉松×2葉松においては、わずかに種子が得られるがほとんど乾である。

(2) 雌性配偶体の発達

(A) 受粉後10日目

(a) 交雑組合せ

<i>P. strobus</i> (♀, 5葉)	×	<i>P. excelsa</i> (♂, 5葉)	
〃	〃	×	<i>P. strobus</i> (〃)
〃	〃	×	<i>P. Koraiensis</i> (〃)
〃	〃	×	<i>P. Tazda</i> (♂, 3葉)
〃	〃	×	<i>P. luchuenis</i> (♂, 2葉)
〃	〃	×	<i>P. densiflora</i> (〃)
〃	〃	×	<i>P. Thunbergii</i> (〃)

上記の組合せにおける受粉後10日目の胚珠および内乳すなわち雌性前葉体の発達は plate I, Figs. 4~8, plate II, Figs. 9~10にしめすとおりである。Figs. 4, 8および9にしめすように珠心の中央部において縦軸に一列にならんだ細胞がみられる。その下端の細胞は大孢子(胚嚢)母細胞の減数分裂の後期かと思われるが、その上部の細胞の核は観察できなかった。またこの胚嚢細胞の周囲の海綿状組織はすでに受粉が行なわれる時に分化している。この場合の像は内乳の発達の初期の段階である。なお、これとほぼ同様に発達した段階については Hofmeister (1862) が *Pinus* で、strasburger (1825), Ferguson (1901) らは *P. Laricio* および *P. strobus* について報告している。Figs. 5, 6にしめすように *P. strobus* (♀, 5葉) × *P. strobus* (♂, 5葉) および *P. strobus* (♀, 5葉) × *P. Koraiensis* (♂, 5葉) の交雑において、胚珠心の先端部に花粉が観察された。この時の花粉は発芽の最初の段階である。以上これらの交雑組合せにおける初期段階の発達については異常はなく正常なものと思われる (Plate I, Figs. 1~10参照)。

(b) 交雑組合せ

<i>P. Bungeana</i> (♀, 3葉)	×	<i>P. excelsa</i> (♂, 5葉)
〃	〃	×
〃	〃	<i>P. Pinaster</i> (♂, 3葉)
〃	〃	Free

上記組合せにおける受粉後10日目の胚珠および内乳すなわち雌性前葉体の発達は plate I, Figs. 1, 2, 3にしめすとおりである。これらは前記の交雑組合せの発達と同様で異常なく正常に発達している。Fig. 1. にしめすように胚珠心の先端部に明瞭な花粉がみられ、前葉体細胞と蔵精器細胞がみられた。しかし、両者の核は明瞭にみられなかった。これも花粉発芽の初期の段階である。また花粉室の形成はこの時期から始まる。

(B) 受粉後40日目および70日目

(C) 交雑組合は (a) と同じ

これらの交雑組合せにおける受粉後40日目および70日目の胚珠および雌性前葉体の発達は plate II, Figs. 11~16, plate III, Figs. 17~22にしめすとおりである。受粉後40日目では大孢子核の分裂は続けられ、初期の分裂とともに容積を増大し始める。さらに胚嚢は空胞化し始め、生長をつづける。受粉後70日目においては、細胞の分裂をつづけ、さらに分化、増大しつづける。Fig. 18にしめすように胚珠心の先端に花粉がみられる。この時の花粉は Ferguson (1901) および Strasburger (1892) の報告と同様に、花粉粒はやや大きさを増し、その後ふくらみ、外生孢子は破れて、内生孢子は除々に花粉管を伸ばしてゆく時期である。

(C) 受粉後100日目

(a) 交雑組合せ

<i>P. strobilus</i> (♀, 5葉)	×	<i>P. excelsa</i> (♂, 5葉)	
〃	〃	×	<i>P. Koraiensis</i> (〃)
〃	〃	×	<i>P. Taeda</i> (♂, 3葉)
〃	〃	×	<i>P. luchuensis</i> (♂, 2葉)
〃	〃	×	<i>P. densiflora</i> (〃)

上記組合せにおける受粉後100日目の発達はさらに胚嚢の容積を増大しつつ、細胞質層の方へ遊離核を押しやる。しかしこれらの生長、分化過程はいちじるしく遅く、花粉の分化と併行して除々に生長しつづける (plate III, Figs. 23, 24, plate IV, Figs. 25~27参照)。

(D) 受粉後130日目および160日目

(e) 交雑組合せ

<i>P. strobilus</i> (♀, 5葉)	×	<i>P. excelsa</i> (♂, 5葉)	
〃	〃	×	<i>P. strobilus</i> (〃)
〃	〃	×	<i>P. Koraiensis</i> (〃)
〃	〃	×	<i>P. Taeda</i> (♂. 3葉)
〃	〃	×	<i>P. luchuensis</i> (♂, 2葉)
〃	〃	×	<i>P. densiflora</i> (〃)

これらの交雑組合せにおける受粉後130日目および160日目の胚珠および雌性前葉体の発達は plate IV, Figs. 28~32, plate V, Figs. 33~36 にしめすとおりである。これらの胚乳の発達は受粉後100日目と同様にさらに分化、増大し、空胞壁層の細胞は胚嚢の中心に向ってひろがっている。これらの組合せにおいても異常なく正常に発達をつづける。

(E) 受粉後280日目

(f) 交雑組合せ

<i>P. strobilus</i> (♀. 5葉)	×	<i>P. excelsa</i> (♂. 5葉)
〃	〃	×
〃	〃	×
〃	〃	×
〃 (5葉)	×	<i>P. Taeda</i> (♂. 3葉)
〃	〃	Free

P. Thunbergii (2葉) 〃

上記組合せにおける280日目の発達は、細胞の分裂および生長がいちじるしく急速に進み、大きさを増し、求心細胞形成の初期の段階である。*P. strobilus*(5葉)および*P. Thunbergii*(2葉)の自然受粉の発達も、交雑組合せにおける発達とはほぼ同様である (plate V, Figs. 37~40, plate VI, Figs. 41, 42参照)。

(F) 受粉後320日目および330日目

(g) 交雑組合せ

<i>P. strobilus</i> (♀, 5 葉)	×	<i>P. strobilus</i> (♂, 5 葉)
〃	〃	×
〃	〃	×
〃	〃	×
<i>P. strobilus</i> (5 葉)	Free	〃
<i>P. densiflora</i> (2 葉)	Free	

上記組合せにおける320日目の発達は plate V Figs. 43~46 にしめすとおりである。この段階は細胞の求心生長をつづけ、胚珠はやや細長く増大し発達する。この像における標本はあまりよくない。受粉後330日目の発達は plate V, Figs. 47, 48, plate VI, Figs. 49, 50 にしめすとおりである。この発達においても受粉後320日目と同様に求心的生長をつづけるが、胚乳の核分裂が急速に進み、前葉体の発達もよく、生長している。Fig. 49 にしめすように *P. strobilus* (♀, 5葉) × *P. Taeda* (♂, 3葉) における前葉体の発達は、現在までは、5葉松間および自然受粉の前葉体の発達と同様に異常なく正常に発達している。

(G) 受粉後350日目の発達

(h) 交雑組合せ

P. strobilus (♀, 5葉) × *P. strobilus* (♂, 5葉)
 “ “ × *P. Koraiensis* (“)
 “ “ × *P. Taeda* (♂, 3葉)

P. strobilus (5葉) Free

これらの組合せにおける受粉後350日目の雌性前葉体の発達は plate VII, Figs. 51~55 にしめすとおりである。この発達は造卵器形成の段階である。Fig. 52 にしめすごとく、*P. strobilus* (♀, 5葉) × *P. Koraiensis* (♂, 5葉) の交雑においては胚珠中の表面珠孔側の細胞から造卵器始原細胞が分化し始める。Fig. 51 にしめすように、*P. strobilus* (♀, 5葉) × *P. strobilus* (♂, 5葉) の交雑において、表面珠孔側に2個の造卵器細胞が出現した。このときは胚乳組織の生長が進み、海綿状組織が崩壊し始める初期の段階である。Fig. 53 にしめすように *P. strobilus* (♀, 5葉) × *P. Taeda* (♂, 3葉) は他の組合せよりも発達が遅く、胚乳組織がまだ十分生長していないが、おそらく珠孔側に造卵器細胞が分化し始める段階と思われる。この交雑もほとんど不能の組合せであるが、現在の段階においては生長、分化しつづけている。Fig. 54 にしめすとおり、*P. strobilus* (5葉) の自然受粉においては他の交雑組合せの発達よりもさらに進行し、胚乳組織もさらに生長し、珠孔側に3個の造卵器がみられた。さらに Fig. 55 にしめすとおり、胚珠心の先端に花粉が造卵器に向って伸長しているのがみられる。花粉管核のようなものがみられたが、中心細胞その他は判然としなかった。

(H) 受粉後360日目

(i) 交雑組合せ

P. strobilus (♀, 5葉) × *P. excelsa* (♂, 5葉)
 “ “ × *P. Koraiensis* (“)
 “ “ × *P. Pinaster* (♂, 2葉)

P. strobilus (5葉) Free

P. Taeda (3葉) “

P. densiflora (2葉) “

P. Thunbergii (“) “

上記組合せにおける受粉後360日目の発達は、造卵細胞ならびに卵核形成の段階である。Fig. 56 にしめすとおり *P. strobilus* (♀, 5葉) × *P. excelsa* (♂, 5葉) の交雑において2個の造卵細胞がみられ、卵細胞の初期の発達と思われる。Fig. 57 にしめすとおり *P. strobilus* (♀, 5葉) × *P. Koraiensis* (♂, 5葉) も同様の発達である。Fig. 58 にしめすとおり *P. strobilus* (♀, 5葉) × *P. Pinaster* (♂, 2葉) においてはやや生長、分化した3個の造卵器がみられ、また造卵細胞がみられる。この組合せにおいては交雑が不能であるが、現在までの雌性前葉体の発達は、他の交雑組合せの発達と同様に生長している。*P. strobilus* (5葉) の自然受粉の発達は、受粉後350日目における発達よりも

さらに伸長, 増大, 分化している。*P. Taeda* (3葉), *P. densiflora* (2葉) および *P. Thunbergii* (2葉) の自然受粉は交雑組合せにおける発達よりもやや遅いようにみられた。しかし標本および材料のちがいにあったかもわからない。さらに多くの材料および標本について検討する必要がある。Fig. 62に示すように *P. Thunbergii* (2葉) の自然受粉において胚珠心の先端に花粉管の伸長の像がみられ, 中心細胞らしきものが観察されたが花粉管核その他は判然としなかった (plate VII, Figs. 56~62参照)。

4 考 察

マツ科植物の雌性配偶体と造卵器の発生は, Hofmeister (1810, '13) の研究に始まり, その後 Strasburger (1869, '72, '78, '84, '92, 1900) は, さらに広い分野で研究している。また Ferguson (1901, '04) は *Pinus strobus* について花粉管の発達, 精核の分裂, 卵の発達と受精について報告している。その他 Dixon (1894), Coulter (1900), Blackman (1888), Atkinson (1898), Geroshankin (1883), Belajeff (1891), および Chamberlain (1899) などの多くの研究者によって, 胚子の発達, 花粉管の発達と精核の分裂について報告されている。本実験において, これらの報告における雌性配偶体の発達を比較しながら, 種間交雑における雌性前葉体の発達を, 初期の発達から順をおって観察した。種間雑種における初期の発達は, Hofmeister (1810, '13), Strasburger (1869, '72, その他) および Ferguson (1901, '04) の実験結果とほぼ同様の発達をしめしている。Chamberlain (1899) は大孢子嚢 (胚珠) の発達および胚乳の発達について詳細に報告している。その内乳の発達を3段階に区分している。すなわち遊離核液胞をとりまく内側の位置で分裂を継続する時期が内乳発生の第一段階といっている。第二段階は壁形成 (大孢子細胞質層と遊離核との間に位置する膜の形成) であり, その期間中に, 壁は遊離核と普通, 均等に分布した核の間に出現する。そして, その壁に沿って液胞の細胞層が形成され, その細胞は胚嚢の中心に向かってひろがっている。第三の段階は胚嚢が組織で充満されるまで, 液胞の細胞層の組織があらゆる方向から胚嚢の中心に向かって生長しつづける求心的生長の段階である。また求心的生長に関する詳細な点は大いに異っている事がわかったが, この生長は非常に少ない型の限られた属で研究された理由で一般的な結論はいまだ不可能である。本実験においても詳細な点での結論は不可能であるが, 造卵器発生前における求心的生長の段階については, ほぼ同様の結果をしめしている。造卵器の初期の発達については Strasburger (1869, '78), Hirase (1895), Chambelain (1899) および Ferguson (1901) らの研究がある。本実験における種間交雑では5月17日および5月27日に固定した材料において交雑組合せによっては, 造卵器の始原体の分化が初期のものとすでに造卵器が発達したものが出来る。この発達についても Ferguson (1901) の研究とはほぼ一致している。造卵器の数は *P. strobus* *P. rigida* および *P. resinosa* は1~5と異っており, 一般に3つである。本実験において *P. strobus* の自然受粉 (3個) *P. strobus* (♀, 5葉) × *P. Pinaster* (♂, 3葉) の交雑 (3個), の造卵器が観察された。花粉管の発達については多くの研究者によってよく研究されている。例えば, Dixon (1894) は *P. sylvestris* における花粉粒および花粉管の発達について受粉時から受精時まで詳細に解明している。その観察の結果によると Belajeff (1893) によって報告された *Picea* の場合と同様であった。本実験における種間交雑の花粉管の発達においては, 初期の発育段階において胚珠心の先端部に花粉管がみられたが, 花粉粒の核分裂について明瞭な像はみられなかった。Dixon (1894) もこの時期の花粉管の中で, 柄細胞から来た核を見つけるのは困難であると言っている。受粉後360日目において胚珠の先端より花粉管が胚珠心の中央部のところに伸長しているのが観察されたが核分裂はみられなかった。これらは材料および標本のとり方によるものと思われ今後さらに多くの標本について観察する必要がある。以上, こ

れら種間交雑において受粉後10日目より受精前360日目までの胚珠および雌性前葉体の発達を比較してみると、おのおのの組合せによっては多少の発達の程度の遅速はみられるが、各組合せとも造卵器および卵細胞形成までは正常に発達し大差がなかった。とくに交雑不能の *P. strobus* (♀, 5葉) *P. luchuenensis* (♂ 2葉), *P. densiflora* (♂, 2葉) および *P. Thunbergii* に (♂, 2葉) を交雑した結果、その発達は交配後360日目での段階においては異常がみられなかった。また一般に造卵器の発生ならびに受精は受粉後、翌年すなわち2年目にならなければおこなわれない。この期間の生長は非常にゆっくりと除々に分化し続けている。これは配偶体が孢子体に寄生し、さらに胚が前者に寄生している。しかし胚以外の部分は保護の目的であって胚の発生が一時停止することに関連すると言われている(小倉, 1949)。これらの生育期間の問題についてもさらに生長の促進を期し、球果成熟の年限短縮を期したいと思う。

マツ属の材質良好, 耐寒, 耐病さらに生長速度の大きい樹木を得る為には環境要素は勿論, また遺伝的要素の組みかえが必要である。この目的は交雑育種法および突然変異体の利用などで達せられるであろう。この様な観点に立着して1957年以年, マツ属の各種間で交雑を行なっているが, 5葉松×3葉, 2葉松間では殆んど不稔を呈している。この種間交雑組合せ間に種子の得られない原因については種々の説明があるが, さらに花粉管の伸長, 花粉管の精核の分裂, または, 生理的, 遺伝的不親和性により受精が行なわれないのか, 胚嚢の生長あるいは胚乳形成, 雌性核の対合の異常により胚の死滅等が考えられる。これらの不稔機構については, 本実験の結果と比較して検討する必要がある。なお受粉後360日目以降の受精については現在材料の固定, 観察を継続中である。その結果についてはつぎの機会に報告する。

5 摘 要

本実験は林木育種における交雑育種を進めてゆくうえの基礎資料として, マツ属の種間交雑における交雑不能の原因を究明するために, 受粉後10日目より受精前360日目までの雌性配偶体の発達について調査した。その結果を要約するとつぎのとおりである。

(1) 実験に用いた材料および交雑組合せはつぎのとおりである。

<i>Pinus strobus</i> (♀, 5葉, 30年生)	×	<i>Pinus excelsa</i> (♂, 5葉, 30年生)
〃	×	〃 <i>strobus</i> (〃)
〃	×	〃 <i>Koraiensis</i> (〃)
〃	×	〃 <i>Taeda</i> (♂, 3葉, 30年生)
〃	×	〃 <i>Pinaster</i> (♂, 3葉, 20年生)
〃	×	〃 <i>luchuensis</i> (♂, 2葉, 20年生)
〃	×	〃 <i>densiflora</i> (♂, 2葉, 約100年生)
〃	×	〃 <i>Thunbergii</i> (♂, 2葉, 12年生)
<i>Pinus Taeda</i> (3葉, 30年生)	Free	
〃 <i>densiflora</i> (2葉, 12年生)	〃	
〃 <i>Thunbergii</i> (2葉, 12年生)	〃	
<i>Pinus Bungeana</i> (♀, 3葉, 20年生)	×	<i>P. excelsa</i> (♂, 5葉, 30年生)
〃	×	<i>P. Pinaster</i> (♂, 3葉, 20年生)
<i>Pinus Bungeana</i> (3葉, 20年生)	Free	

(2) 交雑は京都大学農学部演習林本部試験地において1960年5月16日および5月31日に人工交配を

行なった。受粉後10日目, 30日目, 以後30日目毎に280日目まで, 280日目から320日目, 330日目, 350日目および360日目まで固定した。材料は球果の中央部の鱗片の胚珠を用いた。

(3) おのおの交雑組合せによる受粉後10日目より, 40日目, 70日目の胚珠および内乳すなわち雌性前葉体の発達は, 大孢子(胚嚢)母細胞の後期の減数分裂から, 大孢子核は分裂をつづけ, 初期の分裂とともに容積を増大し始める。さらに胚嚢は空胞化し始め, 生長をつづける。受粉後10日目の *P. strobus* (♀, 5葉) × *P. strobus* (♂, 5葉), *P. strobus* (♀, 5葉) × *P. Koraiensis* (♂, 5葉) および *P. Bungeana* (♀, 3葉) × *P. Pinaster* (♂, 3葉) の交雑において, 胚珠の先端部に花粉が観察された。この時の花粉は発芽の最初の段階である。

(3) 受粉後100日目, 130日目, 160日目および280日目における胚珠および雌性前葉体の発達は, さらに細胞の分裂と容積の増大をつづけ, 細胞質層の方へ遊離核を押しやる。受粉後280日目においては, 生長がいちじるしく増大し, 求心細胞形成の初期の段階である。

(4) 受粉後320日目および, 330日目の発達は, 細胞の求心生長をつづけ, 胚珠はやや細長く, 増大する。おのおの組合せとも異常なく正常に発達している。

(5) 受粉後350日目における発達は造卵器形成の段階である。受粉後350日目において *P. strobus* (♀, 5葉) × *P. strobus* (♂, 5葉) の交雑において, 表面珠孔側に2個の造卵器がみられた。また自然受粉の *P. strobus* (5葉) は他の交雑組合せよりも発達が早く, 胚乳組織もさらに生長し, 珠孔側に3個の造卵器がみられた。受粉後360日目においては, 造卵細胞ならびに卵核形成の段階である。*P. strobus* (♀, 5葉) × *P. excelsa* (♂, 5葉) の交雑において2個の造卵器がみられ, 卵細胞の初期の発達がみられる。また *P. strobus* (♀, 5葉) × *P. Pinaster* (♂, 2葉) の交雑において3個の造卵器がみられ, やや生長, 分化した造卵細胞がみられた。

(6) おのおの種間交雑における5葉松 × 5葉松間の種子稔性はよいが, 5葉 × 3葉, 2葉の交雑はほとんど不稔を呈している。この交雑不能の胚珠および内乳すなわち雌性前葉体の発達は受粉後10日目より受精前360日目, すなわち造卵器および卵細胞形成までの発達は異常なく, 受粉後360日目以後の受精について現在, 材料を固定, 観察を継続中である。

参 考 文 献

- Blackman, V. H., : 1898. On the cytological features of fertilization and related phenomena in *Pinus silvestris*, L. Phil. Trans. Roy. Soc. Series B, vol. cxc, pp. 395—427, pl. 12—14
- Buchholz, J. T., : 1920. Embryo development and polyembryony in relation to the phylogeny of conifers. Amer. Jour. Bot. 7: 125—145
- Chamberlain C. J., : 1898. Winter characters of certain sporangia. Bot Gazette 25: 125—128. pl. 11.
- : 1899. Oogenesis in *Pinus Laricio*, Bot. Gazette 27: 268—280
- Coulter, J. M. and Chamberlain, C. J., : 1921. Morphology of Gymnosperms. Chicago.
- Coulter, J. M., : 1897. Notes on the Fertilization and Embryogeny of Conifers. Bot. Gaz., vol. xxiii, pp. 40—43, pl. 6.
- Dixon, H. H., : 1895. Fertilization of *Pinus sylvestris*. Ann. Bot. vol. viii, pp. 21—34, pl. 3—5.
- Ferguson, Margaret : 1901, The development of the egg and fertilization in *Pinus Strobus*. Annals of Botany 5: 435—499.
- : 1904. Contributions to the life history of *Pinus*, with special reference to sporogenesis, the development of the gametophyte, and fertilization. Proc. Wash. Acad. Sci. 6: 1—202.
- Goroschankin, J. : 1883. Zeit, 41: 831. pl. 7a.
- : 1883. Ueber den Befruchtung-Process bei *Pinus Pumilio* Strassburg.

- Ferguson, M.C., : 1901. The development of the pollen tube and the division of the generative nucleus in certain species of *Pinus*. *Annals of Botany* 15 : 193—223 pls. 12—14.
- : 1904. Contributions to the knowledge of the life history of *Pinus*, with special reference to sporogenesis, the development of the gametophytes and fertilization. *Proc. Washing. Acad. Sci.*, 6.
- Haupt, A.W., : 1941. Oögenesis and fertilization in *Pinus lambertina* and *P. monophylla*. *Bot. Gaz.* 102 : 482—498.
- Hirase, S., : 1897. Untersuchungen Über das Verhalten des Pollens von *Ginkgo biloba*. *Bot. Centr.*, Bd. lxi, pp. 33—35.
- : 1898. Études sur la fécondation et l'embryogénie du *Ginkgo biloba*. *Journ. Coll. Sci. Univ. Imp. Tokyo*, vol. xii, pp. 103—150, pl. 7—9.
- Ikeno, S., and Hirase, S., : 1897. Spermatozoid in Gymnosperm. *Ann. Bot.*, vol. xi, pp. 344—345.
- 猪野俊平 : 1950. 植物の発生, 河出書房.
- Kildahl, N. Johanna, : 1907. Development of the walls in the proembryo of *Pinus laricio*, *Bot. Gazette* 44 : 102—107. pls. 8—9.
- Lawson, A.A., : 1907. The gametophytes, fertilization, and embryo of *Cephalotaxus drupacce*. *Annals of Botany* 21 : I—23. pls. I—4.
- Miyake, K., : 1903. On the development of the sexual organs and fertilization in *Picea excelsa*. *Ann. Bot.* 17 : 35 I—372.
- Miyake, K., : 1908. The development of the gametophytes and embryogen of *Cunninghamia* (preliminary note). *Bot. Mag. Tokyo* 22 : 45—50. Figs. 14.
- Mathews, A.C., : 1903. The seed development of *Pinus Palustris*. *Jour. Elisha Mitihell Soc.* 48 : 101—118.
- Oliver, F.W., : 1903. The ovules of the folder gymnosperms. *Annals of Botany* 17 : 45147. pl. 24. Figs. 20.
- 小倉謙 : 1949. 植物形態学, 養賢堂.
- Shimamura, T. : 1929. On the effect of centrifugal force upon the egg cell and proembryo of *Pinus Thunbergii* Parl. With some observations on various effects of fixing agencies in the *Pinus* egg cell. *Cytologia*, 1.
- 志佐誠 : 1934. 植物の不稔性, 養賢堂.
- Strasburger, E., : 1869. Die Befruchtung bei den *Coniferen*. *Jena. Taf.* 3.
- : 1872. Die *Coniferen* und die Gnetaceen. *Jena. pp.* 274—298, *Taf.* 5—17.
- : 1878. Ueber Befruchtung und Zelltheilung. *Jena.*
- : 1879. Die Angiospermen und die Gymnospermen. *Jena.*
- : 1884. Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen als Grundlage für eine Theorie der Zeugung.
- : 1892. Ueber das Verhalten des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den Gymnospermen. *Hist. Beitr.*
- : 1900. Ueber Reductionstheilung, Spindelbildung Centrosomen und Cilienbildner im Pflanzenreich.
- Wakayama, K., : 1929. On the influence of gravity upon the development of embryo of *Pinus Thunbergii* Parl. *Cytologia* I : 68—75.

ation of archegonia and egg cell. The earlier development of *P. strobus* (5 leaves) of natural crossing than the other cross combinations and more ovule tissue growth were observed together with three archegonia in the superficial micropylar cell. In crosses of *P. strobus* (♀, 5 leaves) X *P. excelsa* (♂, 5 leaves), *P. strobus* (♀, 5 leaves) X *P. strobus* (♂, 5 leaves) were observed two archegonia. And also in cross of *P. strobus* (♀, 5 leaves) X *P. Pinasters* (♂, 2 leaves) were observed three archegonia. But other cross combinations not formation of the archegonia was detected.

(6) In each interspecies between 5 leaves and 5 leaves in *Pinus*, the seed fertility is good. But seeds obtained from crosses between 5 leaves and 3 leaves or 2 leaves were shrivelled mostly. As to the cross impossibility of interspecies crossing from 10 days after pollination to 360 days before fertilization, it has been found that the archegonia and egg cell in the female gametophyte (endosperm) develop normally.

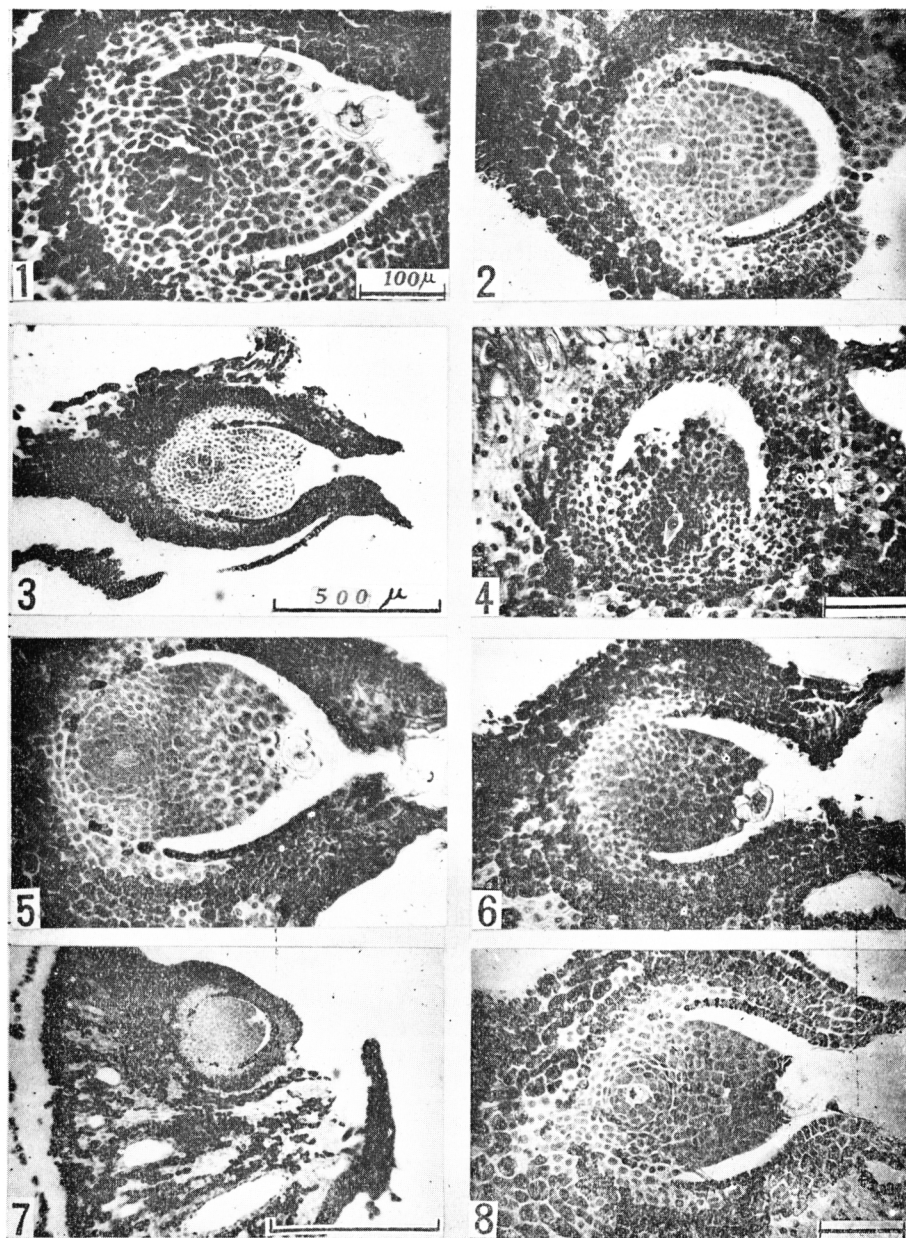


Plate I. Microphotographs showing the longitudinal section of an ovule at 10 days (Figs. 1—8) after pollination.

- Fig. 1. *P. Bungeana* (♀, 3 lvs.) × *P. Pinaster* (♂, 3 lvs.) 2. *P. Bungeana* (♀, 3 lvs.) × *P. excelsa* (♂, 5 lvs.)
 3. " Free 4. *P. strobilus* (♀, 5 lvs.) × *P. excelsa* (♂, 5 lvs.)
 5. *P. strobilus* (♀, 5 lvs.) × *P. strobilus* (♂, 5 lvs.) 6. " × *P. Koraiensis* (♂, 5 lvs.)
 7, " × *P. Taeda* (♂, 3 lvs.) 8. " × *P. luchuensis* (♂, 2 lvs.)

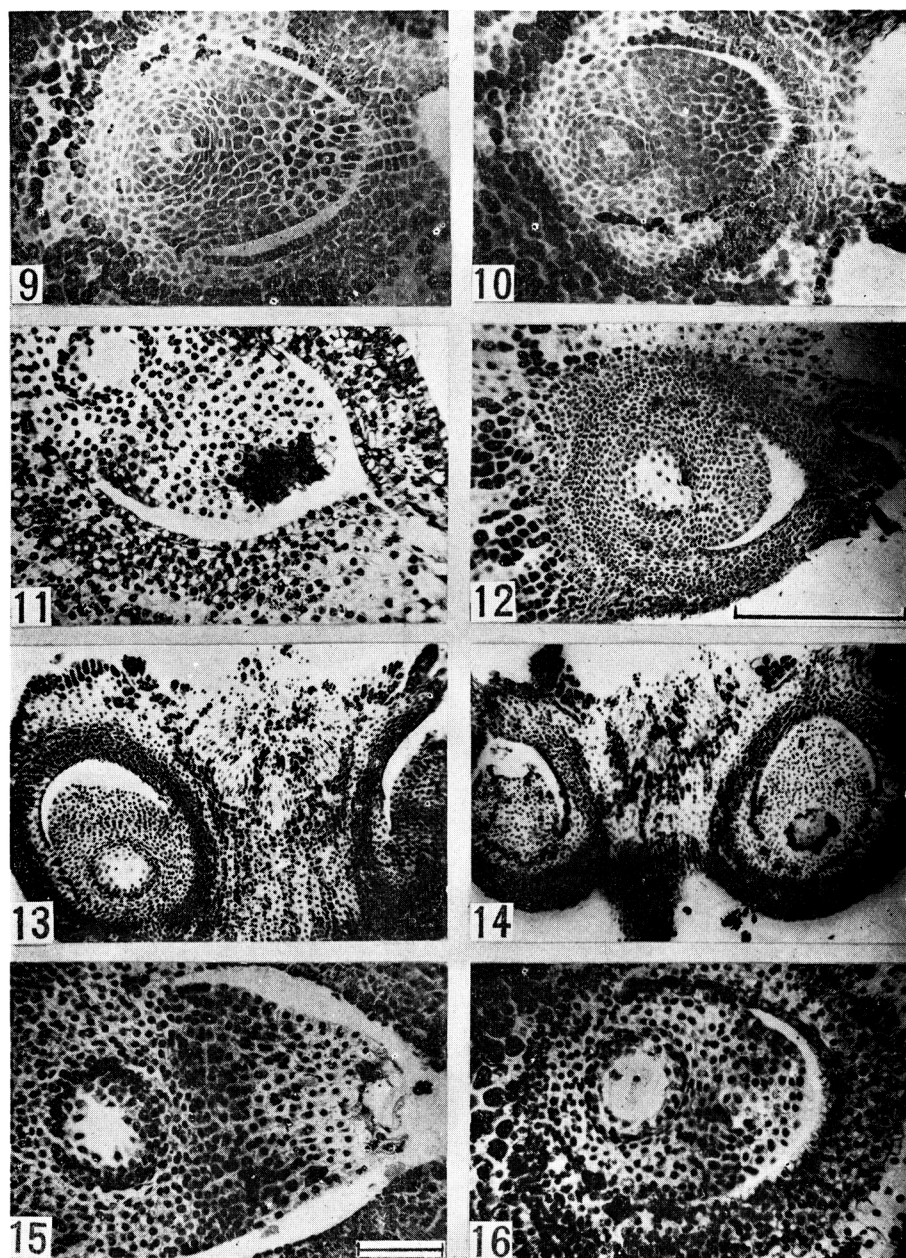


Plate II. Microphotographs showing the longitudinal section of ovule at 10 days (Figs. 9—10) and 40 days (Figs. 11—16) after pollination.

- Fig. 9. *P. strobus* (♀, 5 lvs.) × *P. densiflora* (♂, 2 lvs.) 10. *P. strobus* (♀, 5 lvs.) × *P. Thunbergii* (♂, 2 lvs.)
 11. " × *P. excelsa* (♂, 5 lvs.) 12. " × *P. strobus* (♂, 5 lvs.)
 13. " × *P. Koraiensis* (♂, 5 lvs.) 14. " × *P. Taeda* (♂, 3 lvs.)
 15. " × *P. luchuensis* (♂, 2 lvs.) 16. " × *P. densiflora* (♂, 2 lvs.)

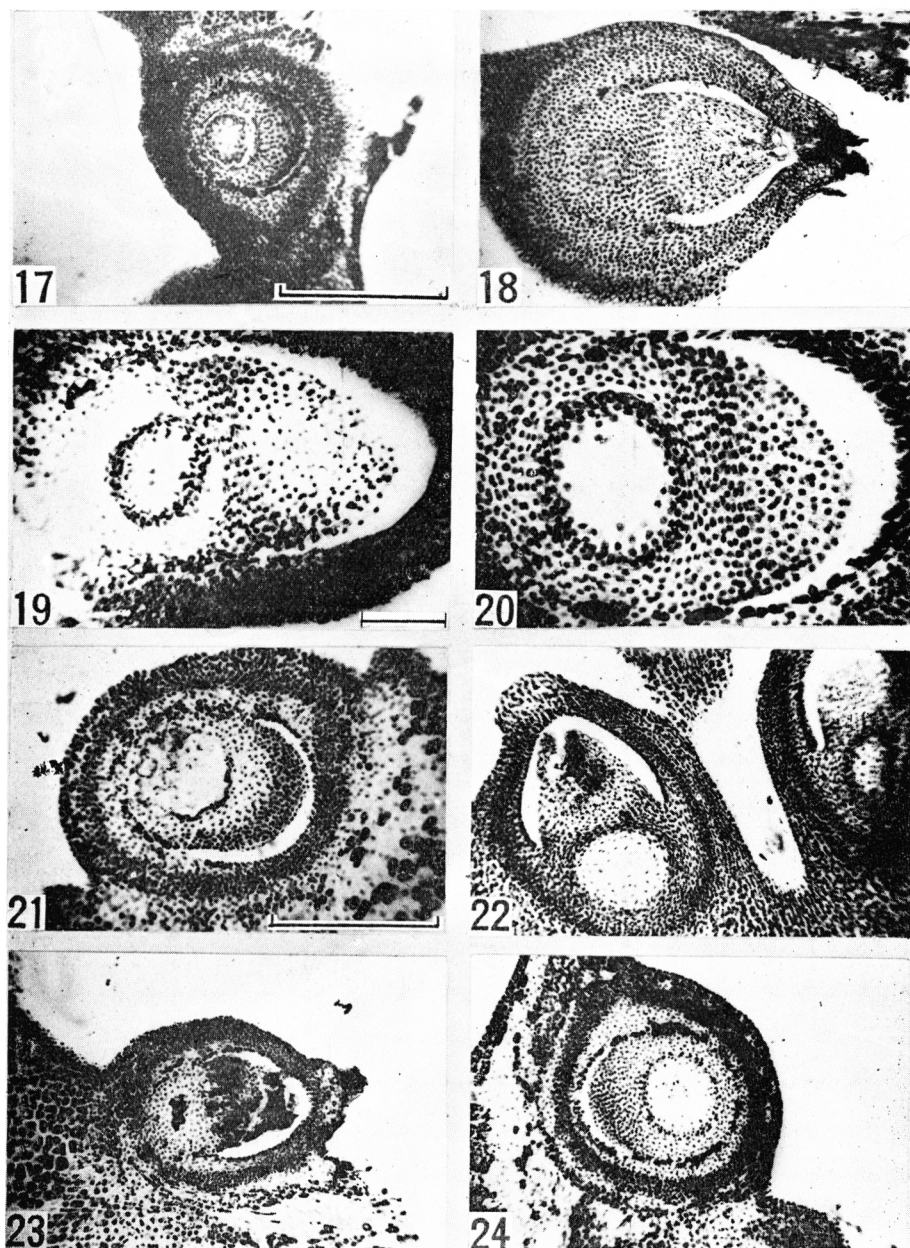


Plate III. Microphotographs showing the longitudinal section of ovul at 40 days (Fig. 17),
70 days (Figs. 18—22) and 100 days (Fig. 23—24) after pollination.

- Fig. 17. *P. strobilus* (♀, 5 lvs.) × *P. Thunbergii* (♂, 2 lvs.) 18. *P. strobilus* (♀, 5 lvs.) × *P. excelsa* (♂, 5 lvs.)
 19. " × *P. strobilus* (♂, 5 lvs.) 20. " × *P. luchuensis* (♂, 2 lvs.)
 21. " × *P. densiflora* (♂, 2 lvs.) 22. " × *P. Thunbergii* (♂, 2 lvs.)
 23. " × *P. excelsa* (♂, 5 lvs.) 24. " × *P. Koraiensis* (♂, 5 lvs.)

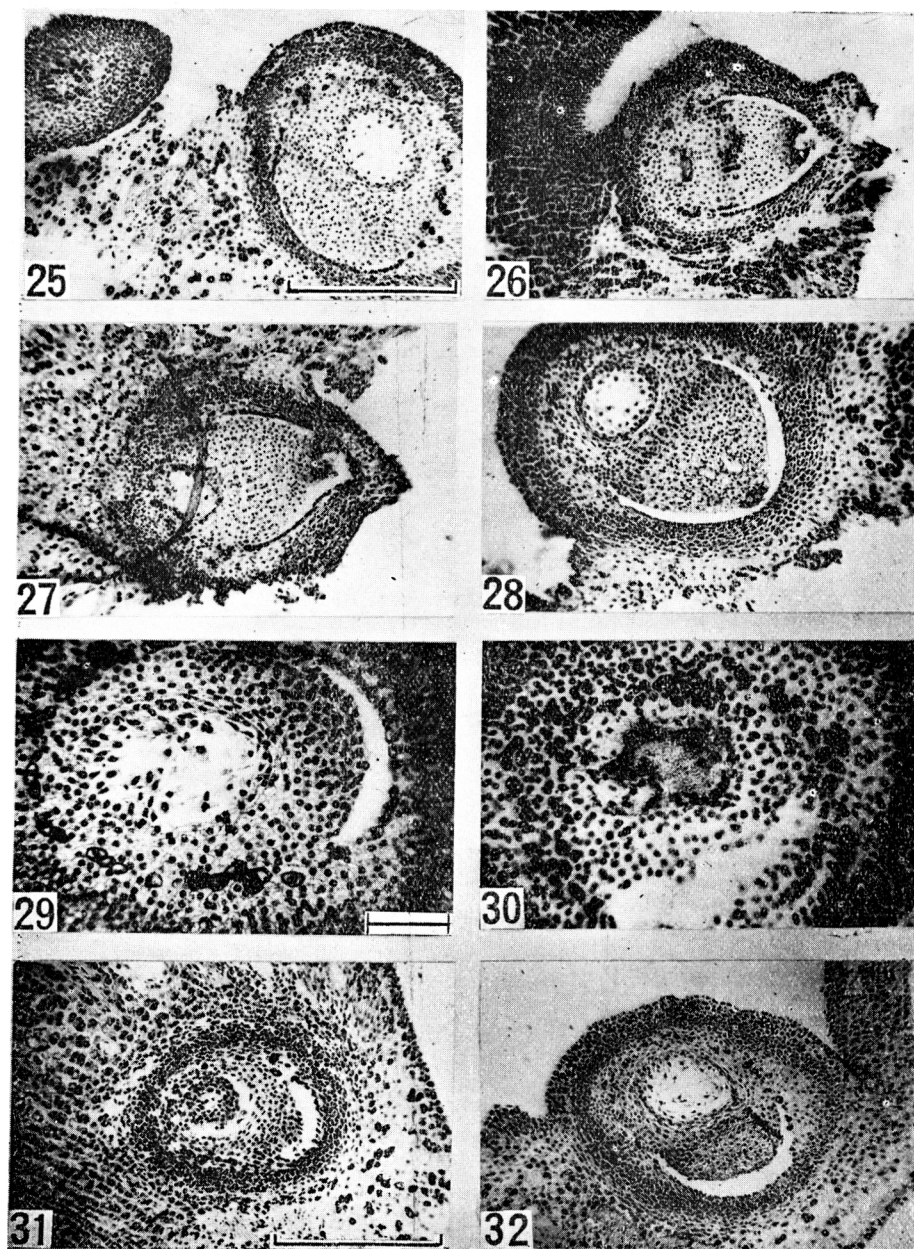


Plate IV. Microphotographs showing the longitudinal section of ovule at 100 days (Figs. 25-27) and 130 days (Figs. 28-32) and 160 days (Figs. 31-32) after pollination.

- Fig. 25. *P. strobus* (♀, 5 lvs.) × *P. Taeda* (♂, 3 lvs.) 26. *P. strobus* (♀, 5 lvs.) × *P. luchuensis* (♂, 2 lvs.)
 27. " × *P. densiflora* (♂, 2 lvs.) 28. " × *P. strobus* (♂, 5 lvs.)
 29. " × *P. Koraiensis* (♂, 5 lvs.) 30. " × *P. densiflora* (♂, 5 lvs.)
 31. " × *P. excelsa* (♂, 5 lvs.) 32. " × *P. strobus* (♂, 5 lvs.)

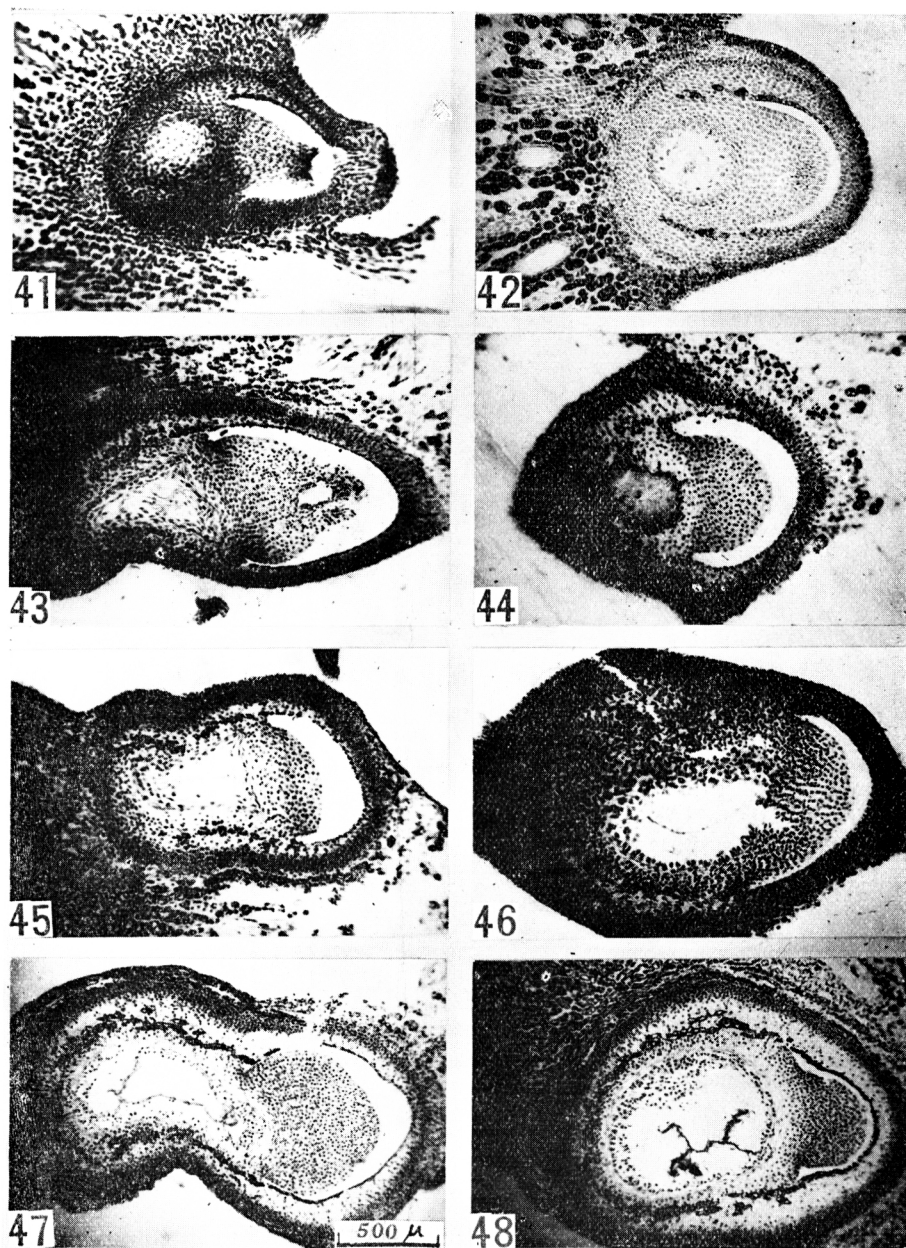


Plate VI. Microphotographs showing the longitudinal section of ovule at 280 days (Figs. 41~42), 320 days (Figs. 43~46) and 330 days (Figs. 47~48) after pollination.

Fig. 41. *P. strobilus* (5 lvs.) Free

42. *P. Thunbergii* (2 lvs.) Free

43. *P. strobilus* (♀, 5 lvs.) × *P. strobilus* (♂, 5 lvs.) 44. *P. strobilus* (♀, 5 lvs.) × *P. Koraiensis* (♂, 5 lvs.)

45. " × *P. densiflora* (♂, 2 lvs.) 46. *P. densiflora* (2 lvs.) Free

47. *P. strobilus* (♀, 5 lvs.) × *P. strobilus* (♂, 5 lvs.) 48. *P. strobilus* (♀, 5 lvs.) × *P. Koraiensis* (♂, 5 lvs.)

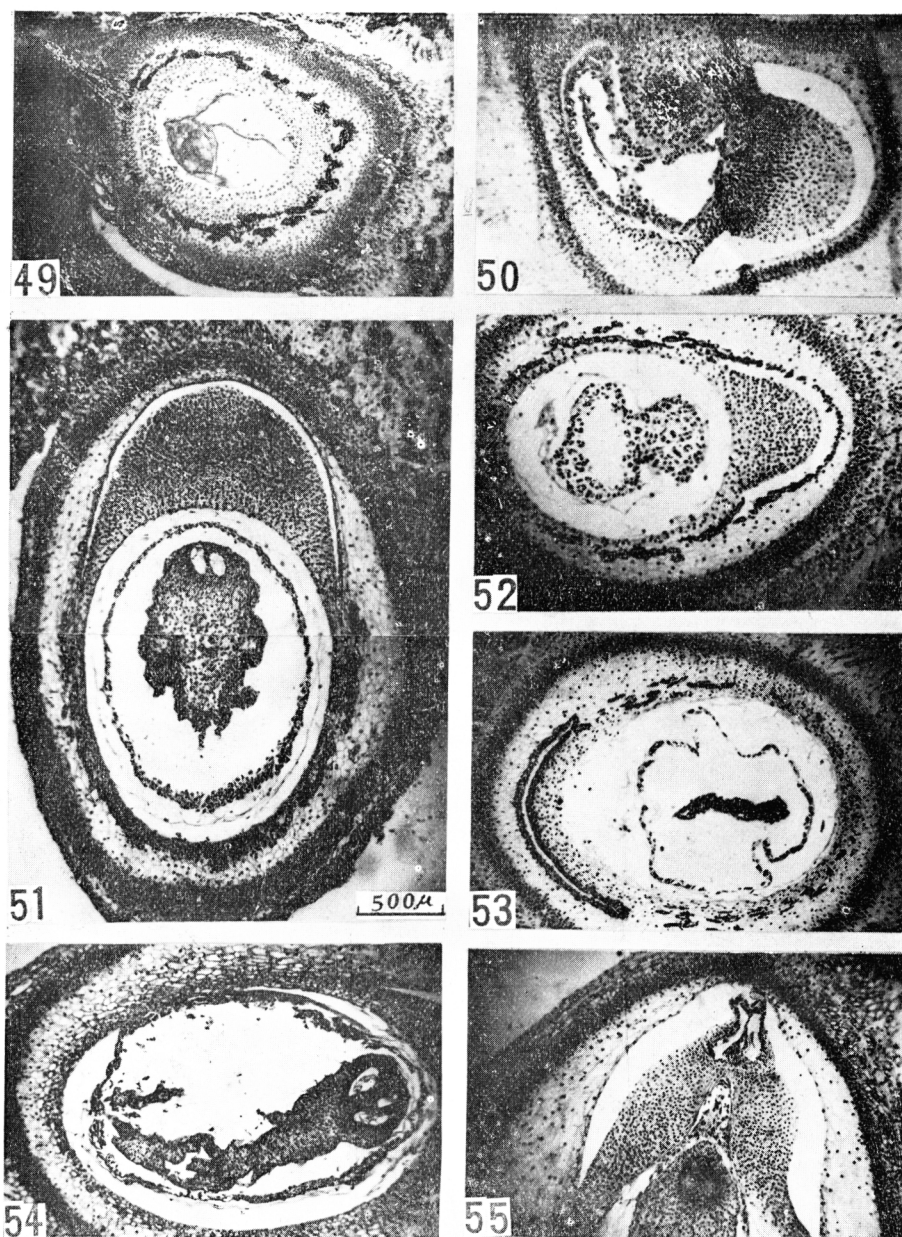


Plate VII. Microphotographs showing the longitudinal section of ovule at 330 days (Figs. 49–50) and 350 days (Figs. 51–55) after Pollination

- Fig. 49. *P. strobus* (♀, 5 lvs.) × *P. Taeda* (♂, 3 lvs.) 50. *P. strobus* (5 lvs.) Free
 51. " × *P. Koraiensis* (♂, 5 lvs.) 52. " × *P. strobus* (♂, 5 lvs.)
 53. " × *P. Taeda* (♂, 3 lvs.) 54. " Free
 55. " Free

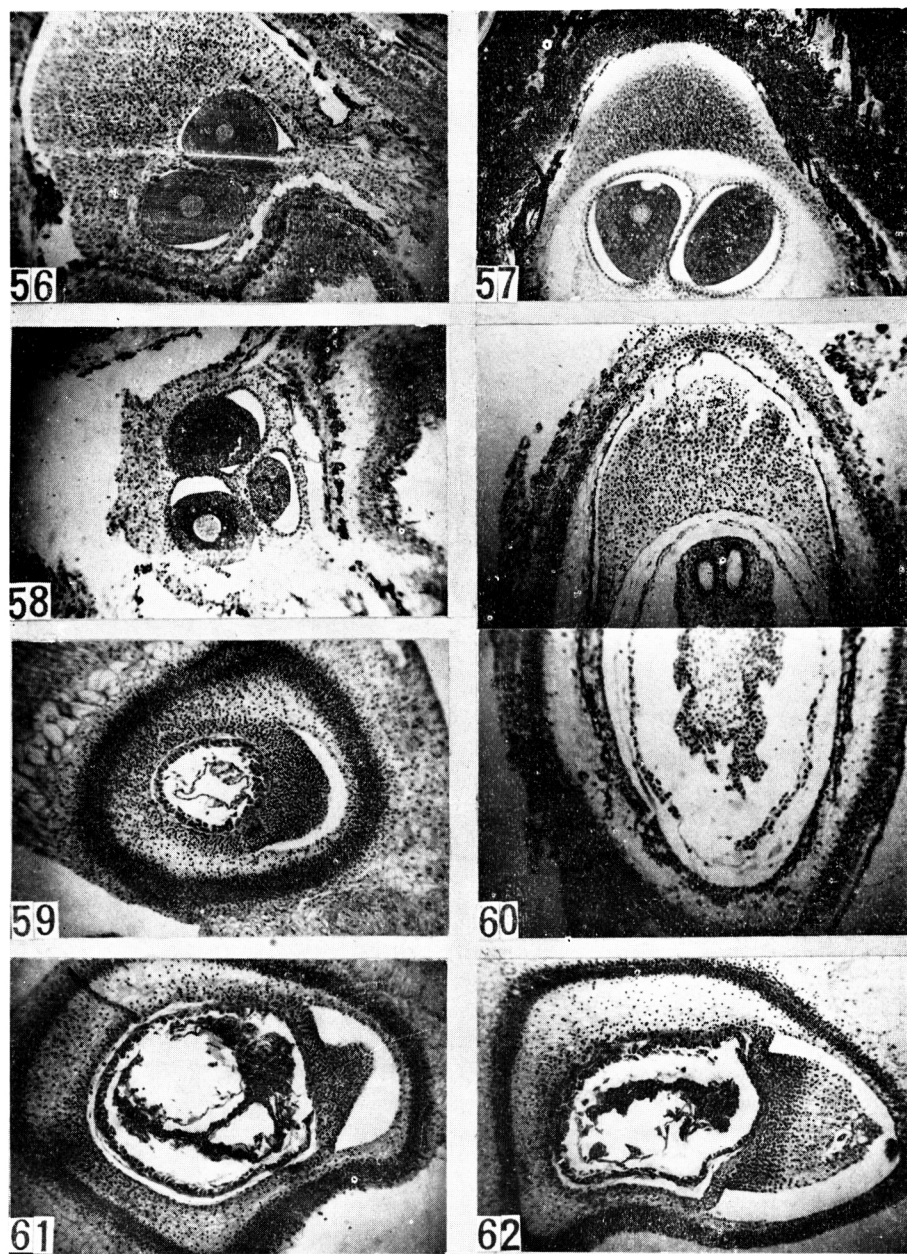


Plate VIII. Microphotographs showing the longitudinal section of ovule at 360 days (Figs. 56—62) after pollination

- Fig. 56. *P. strobus* (♀, 5 lvs.) × *P. excelsa* (♂, 5 lvs.) 57. *P. strobus* (♀, 5 lvs.) × *P. koraiensis* (♂, 5 lvs.)
 58. " × *P. pinaster* (♂, 2 lvs.) 59. *P. strobus* (5 lvs.) Free
 60. *P. taeda* (3 lvs.) Free 61. *P. densiflora* (2 lvs.) "
 62. *P. thunbergii* (2 lvs.) Free