

オウレンの開花及び結実経過ならびに埋蔵中の種子胚の動態

林 喜三郎・小 淵 伸 司

(農学部 作物・育種学研究室)

Processes of Flowering and Seed Formation and Growth of Seed Embryo during Stratification in *Oren* (*Coptis japonica* Makino)

Kisaburo HAYASHI and Shinji OBUCHI

Abstract: Processes of flowering, pollination, fertilization and embryo development after fertilization and during stratification were observed in order to obtain the basic information for studies on condition of seed stratification in sand and breeding in *Oren*.

The results of observation are shown in Fig. 1-3 and PL. I and II. *Oren* seed is not able to germinate just after getting off outside, because the embryo have not finished all the process of development. The embryo size makes about two times as long as that in the beginning time, but not differentiate at all during stratification. The seed, even if harvested in half month earlier than the ordinary time, begins to germinate by means of keeping under low temperature, at 5°C, in the end of September.

It seem to be quite all right to consider that *Oren* seed has dormancy owing to incomplete development of embryo, and that the dormancy continue naturally till the end of stratification, in the end of October, but this dormancy can be broken by low temperature.

緒 言

オウレンは従来福井県、鳥取県などの日本海側を中心に栽培されて来たが¹⁻²⁾、既報³⁾のようにその需要の急増のため、近年高知県のような温暖地にも栽培が広がりつつある。これらの地域では一般に生育年限が短縮できるとされているが⁴⁾、新しい問題点も生じ、とくに埋蔵中の種子の腐敗による失敗は、栽培普及のみならず、育種の根本に横たわる重要な問題となっている。そこでこの原因の究明と今後の育種の基礎的資料とするために、オウレンの開花、受粉、受精の諸過程及び結実までの胚の発育、ならびに埋蔵中の種子胚の動態を明らかにした。本報告はそれら調査、検討結果の概要である。

報告に先だち、実験に協力された高知県物部村坂本敬紀氏、ならびに高知県林業試験場伊東祐道氏及び笹岡英世氏などの各氏に対し、厚く御礼申し上げる。

実験材料及び方法

1. 開花及び結実経過

前年秋に農家で栽培中の5年生のセリバオウレンを掘り取り、15 cm 鉢に栽植した5個体について、1982年3月7日～5月6日の間、開花及び結実経過を経時的に追跡した。

2. 受粉様式

高知県林業試験場で栽培中の5年生のセリバオウレン畑において、1982年3月12日に約3㎡ずつ(約100株)の2区域を設定し、その一方は既抽出の花茎を全て除いた後、昆虫が飛来しないよう、全面を寒冷しゃで覆った。他の区域は対照として、結実したと思われる花茎のみを除いた。このような両区について、3月12日、19日及び27日にそれ以前約1週間内に抽出した花茎をマークしておき、5月上旬結実をまって収穫し、サヤ数及び種子数を数えた。

3. 受精及び胚の発育経過

第1項同様に準備した鉢植え個体を用い、1981年3月11日授粉し、受粉後経時的に雌ずいを採取し、花粉管の伸長を螢光顕微鏡法で観察した。また受粉後7日(3月18日)～63日(5月13日)の間、経時的に採取した雌ずい、または胚珠について、パラフィン切片法、鉄ヘマトキシリン染色によって顕微鏡標本とし、受精胚の発育経過を観察した。さらに種子の熟度と発芽能力との関係を明らかにするために、1982年4月14日よりほぼ1週間ごとに採種した種子を、シャーレのろ紙上には種し5℃の恒温器内において、9月22日および11月16日に発芽の有無を調査した。

4. 農家における種子の埋蔵条件および埋蔵中の種子胚の動態

高知県香美郡物部村の農家で半地下の穴の中で種子埋蔵中の砂中の温、湿度を1ヶ月ごとに調査するとともに、その都度少量ずつの種子を持ち帰りパラフィン切片法、ヘマトキシリン染色による顕微鏡標本を作成して、胚の動態を観察した。

実験結果

1. 開花及び結実経過

3月上旬～5月上旬の間、表記について観察した結果はつぎのとおりであり、代表的な時期の写真を示すと、PL.I のとおりである。

- a. 3月7日(開やく4日前): 花芽が割れて蕾が見え始める(PL. I, A)。
- b. 3月9日(2日前): 花芽より蕾が完全に抽出、花べんが少し開き、外から雌雄ずいを見ることが出来る。
- c. 3月11日(当日): 花茎の伸長が急速となり、花べんは完全に開き、葯の裂開もみられる(PL. I, B)。
- d. 3月19日(開やく8日後): 花べんが落ち始める。
- e. 3月24日(13日後): 花べんはほぼ完全に脱落、子房部の肥大、伸長が目立ち花茎は約15cmとなる(PL. I, C)。
- f. 4月11日(31日後): 花茎の伸長及びサヤの伸長はほぼ止り、サヤは濃緑から淡緑色に変る(PL. I, D&E)。
- g. 4月16日(36日後): サクの先端部より黄赤色に変化し始める(PL. I, F)。
- h. 4月26日(46日後): サクの半分は変色し、サク壁はうすくすけるように感じられる。またサクを指で軽く押えると、サク壁から種子がはずれる(PL. I, G)。
- i. 5月6日(56日後): サクは完全に変色、乾燥し、果柄をゆるすと、サク内種子が動きカサカ

サと音が出る。また雨滴や風の物理的衝撃によってサクの先端の穴より種子が飛び出す (PL. I, H)。

2. 受粉様式

寒冷しゃの有無による結実の違いは、Table 1 のとおりである。

Table 1. Seed fertility with or without net for protection against insect pollination 防虫ネットの有無と種子稔性

Flowering dates 開花日	Without net ネットなし			With net ネットあり		
	a ¹⁾	b ²⁾	b/a	a ¹⁾	b ²⁾	b/a
Mar. 5-12	859	841	0.98	-	-	-
13-19	692	692	1.00	245	408	1.67
20-27	82	40	0.49	164	91	0.56
T Total	1,633	1,573	0.96	409	499	1.22

1) a=Numbers of follicles 袋果数.

2) b=Numbers of seeds 種子数.

同表によると、サク当り種子数は全般に非常に低いが、これは収穫に手間取り、収穫前に種子が飛散したことが、主要な原因と考えられる。しかし、網の被覆区においても、無被覆区と変わらない結実をみていることから、結実には昆虫の飛来による授粉は必要としないと考えることができる。

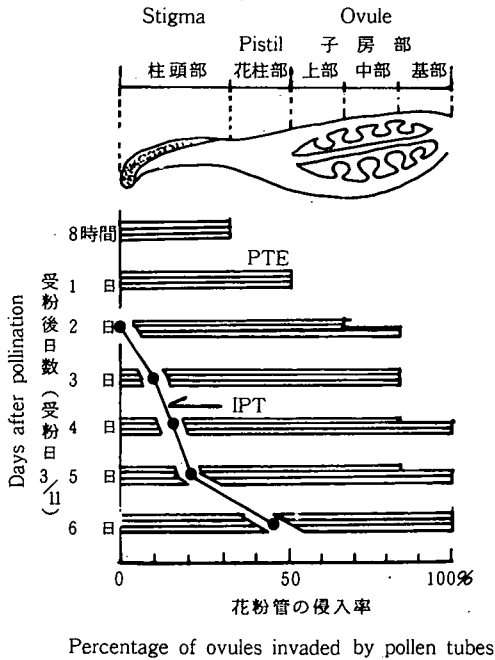


Fig. 1. Elongation (PTE) and invasion of pollen tubes into ovule (IPT). 花粉管の伸長 (PTE) と胚珠への侵入 (IPT)

勿論、風媒ということも考えられるので、簡単には断定できないが、第1項の開花様式から花房の抽出後、比較的早くに自殖によって受粉が行なわれ、結実するものと考えるのが妥当であろう。

3. 受精及び胚の発育経過

(1). 受精: 受粉後の花粉管の伸長と胚珠への伸入状況は Fig. 1 に示すとおりである。

同図によると受粉後8時間では、花粉管はまだ柱頭上にとどまり、2日で子房中部、4日に基部に達する。また花粉管の胚珠への侵入は3日目から観察され、6日目で侵入率がほぼ50%に達する。以上の事実より受粉後3日ごろより受精が始まるものと考えられる。

(2). 胚の発育: 受粉後結実期までの胚の発育状況を観察した結果は Fig. 2 のとおりであり、代表的な発育期を写真で示すと PL. II のとおりである。

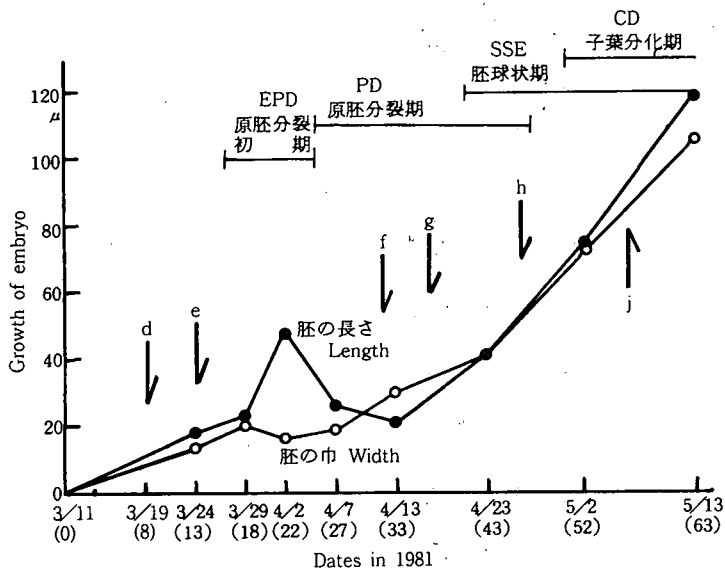


Fig. 2. Differentiation and growth of embryo. 胚の分化と生長
 Figures in parentheses are numbers of days after pollination.
 () 内の数字は受粉後の日数を示す。

EPD = Early stage of proembryo differentiation 原胚分裂初期

PD = Proembryo differentiation 原胚分裂初期

SSE = Spheroid shaped embryo 胚球状期

CD = Cotyledon differentiation 子葉分化期

d Beginning of petal dropping

e Complete dropping of petal (PL. I, C)

f Follicle color changes from dark green to light green

g Color of follicle top begins to change from light green (PL. I, F)

h Seeds get easily separate from inner wall of follicle by pushing from the outside (PL. I, G)

i Seeds have get separate from the inner wall and get naturally out from follicle by physical shock of rain or wind (PL. I, H)

図中の d~i のアルファベットは本文実験 1. 開花及び経過の項中の開花段階を示す記号である。

Fig. 2 によると受粉後13日 (3月24日) までは卵細胞の分裂はみられないが (PL. II, A, B), 受粉後18日 (3月29日) には分裂を始め (PL. II, C), 27日 (4月7日) に原胚分裂期 (PL. II, D, E), 43日 (4月23日) に胚球状期に達する (PL. II, F)。このように極めてゆっくりした胚発育を行なうので, 5月上旬に種子がサヤから飛び出す時に, ようやく全ての種子が球状期 (PL. II, I, J), または子葉分化期 (PL. II, K, L) に達する。したがってこの段階で直ちに発芽する能力を備えるまでに到っていない。

(3). 種子の熟度と発芽の関係: 1982年4月14日~5月6日に採種した種子の発芽率を調査した結果は Table 2 のとおりである。

Table 2. *Maturity and germination ability of seeds*
種子の熟度と発芽能力

Harvested date 採種日	Colour of seed ¹⁾ 種子色	Developmental stage of embryo ²⁾ 胚の発育段階	Numbers of seed observed 調査種子数	Germination% 発芽率	
				Sep. 11	Nov. 16
Apr. 14	LG	Sph. (2.7)	87	0	18.4
14	LY	" (3.2)	94	1.0	51.1
22	"	" (3.0)	108	0.9	14.8
29	"	" (3.8)	140	4.3	88.6
May 6	YB	Cdd. (5.0)	255	0.8	60.4

1) Seed colour; LG=Light green 淡緑, LY=Light yellow 淡黄, YB=Yellowish brown 黄褐.

2) Developmental stage of embryo: Sph.=Spheroid shaped embryo 胚球状期 (2-4; see PL. II, F-J), Cdd.=Cotyledon differentiation 子葉分化期 (5; see PL. II, K&L).

同表によると4月14日採種した種子は淡黄色で胚球状期の半ばであったが, 9月11日には1部が発芽し11月16日には約半数が発芽している。また4月29日に採種したのも未だ子葉分化期に達していないが, 11月16日にはほぼ9割方発芽可能である。すなわち, これらの事実は胚の発達が不完全であっても, 採種後の条件さえ適当であれば, 母体を離れてからも胚は発育を続け, 発芽可能になりうることを実証したものである。

4. 農家における埋蔵条件及び胚の発育

(1). 埋蔵条件: 埋蔵開始時の砂の水分含量は5.9~6.0%で, 極めて低く, 地面に薄く広げるとすぐに乾く程度であった。また, 埋蔵開始時の種子の水分含量も10.1%と極めて低い。5月25日に埋蔵が開始されたが, その後の砂中温度及び湿度は次のとおりであった。砂中温度は埋蔵開始後8月25日までは, 23°Cとほぼ一定であったが, その後次第に低下し10月25日には16°Cとなった。また湿度は8月25日まではほぼ70%に一定し, その後は砂中温度の低下とともに次第に上昇し, 10月25日にはほぼ80%に達した。したがって, 外気温が30°Cを越すような夏季においても埋蔵砂中の温湿度は極めて安定しており, 外界条件の影響は少ないと云える。

(2). 埋蔵中の種子胚の発育経過: 観察した結果は Fig. 3 及び PL. II のとおりである。

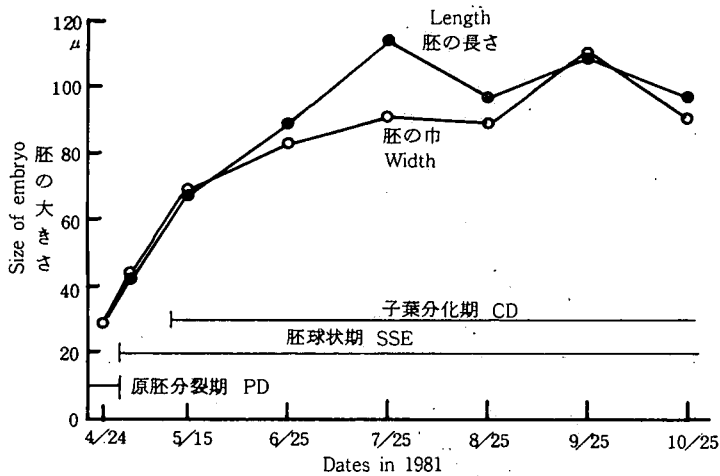


Fig. 3. Growth of embryo during stratification in sand
砂中埋藏中の胚の生長

Fig. 3 によると埋藏開始とともに胚の幅及び長さとも漸増し、7月25日には2倍以上の100 μ前後に達するが、以後は増大せず一定の値をとる。この間の胚の发育段階をみると、当初の球状期あるいは子葉分化期（ハート期）は、その後もほとんど進行していない。これらの事実は埋藏中の種子は、その間に肥大生長はするが、分化はほとんど進まないで、休眠状態を維持していることを意味し、埋藏終了時でも発芽体制を完備しているとは云えない。実際栽培においては初冬に、は種されてから越冬中に胚が分化生長し（PL. II, N, O）、翌春発芽すると考えるのが妥当であろう。

考 察

調査年次が異なるので、厳密な比較検討は無理であるが、一応の目安を得るために、実験結果第1項の開花及び結実経過を、Fig. 2の胚发育経過の図中に併記しておいた（1982年の開やく日3月11日を受粉日とすると、偶然ながら1981年の受粉日と一致する）。これによると、開花、開やくの3日後より受精し始め、花べんが完全に脱落する頃から受精卵細胞が分割を始め、サヤが濃緑から淡緑色に変る頃に原胚分裂期に入る。この頃には、Table 2に示すように種子をとり出しても、後に発芽しうるほどである。その後サヤを軽く押して、種子が容易に離れる頃には胚球状期、種子がサヤの内壁から自然に離れ、衝撃によって容易に飛び出すようになると、子葉分化期に達するが、胚はなお生長、肥大を続けている。収穫された種子も埋藏中 Fig. 3に示したように生長、肥大を続けるが、7月下旬にはその動きはにぶって来る。これは高温と乾燥によって休眠に入るためと思われる。この休眠は埋藏の終る10月下旬まで続くが、初冬には種されてから低温によって、胚は再び分化生長を開始し、翌春発芽する。

すなわち、オウレンの種子はヤブイチゲ、キンボウゲ及びセイヨウトネリコ⁵⁾、ミシマサイコならびにチョウセンニンジン⁷⁻⁸⁾などと同様に、胚の未熟による休眠が存在する。また、この休眠が低温により打破されることは、Table 2に示したように5℃の恒温器においた場合、9月上旬から発芽し始めること、高橋、小河原⁹⁾が指摘するように、6℃が発芽適温としたことから

裏付けられる。現在、採種は種子がサヤから飛び出す直前（5月上旬）に行なわれているが、採種適期を逃し易い。これは風雨、とくに雨滴のサヤへの衝撃によって、種子が飛散して失うためである。前述のように、4月中旬の採種でも、埋蔵条件さえ良ければ、発芽能力を備えることが出来るので、採種時期は多少早めても差し支えなさそうである。ただし、採種時期を早める程種子の充実が悪く、水分含量が増すので、後の埋蔵中に腐敗し易くなると思われる。高知県の農家では一般に種子の腐敗を防ぐために、実験結果4—(1)項に述べたように種子及び砂の水分含量を極力抑えている。このことはオウレン種子が乾燥に充分耐え得ることを物語っているが、同時にこのような乾燥状態では、埋蔵中の種子胚の発育を水分の面からも抑えているように思われる。また、筆者の見聞によると、鳥取県智頭町での種子の埋蔵は、砂の水分含量が50~70%と極めて高く、しかも腐敗することもない。このことは種子の腐敗が単に水分含量だけでなく、他の要因が関与することを示すものであり、今後、種子の乾燥度と発芽率及び腐敗度等について、詳細な検討が必要と云える。

なお、オウレンの花は通常、両全花であるが、しばしば雌ずいの退化した雄性花が生じる。このことは本作物が他殖性であることをうかがわせるが、Table 1 の結果は虫媒による他殖を必ずしも必要としないことを示しており、このことにより、(a)自殖による純系育成の可能性があること、(b)交雑にあたって除雄の不可欠なことを物語っている。なお除雄は花が抽出後比較的早くに行なう必要があると思われる。

要 約

オウレンの種子埋蔵条件の検討ならびに育種技術の開発の基礎資料とするために、開花、受粉、受精の諸過程及び受精期以降の胚の発育、ならびに埋蔵中の種子胚の動態を調査検討した結果はつぎのとおりである。

3月上旬花芽が割れて花茎が現われて後、4日で開やく及び受粉が行なわれ、その後約3日で受精が始まり、受粉後13日で受精卵細胞の分裂を始める模様であるが、この頃は花べんは脱落し終わっている。受粉約一カ月後、サクの色が濃緑から淡緑に変わり始めた頃に胚は原胚分裂期となる。この頃の種子を採種しても、その後の埋蔵条件さえ良ければかなり発芽させることができる。約40日後、サクの半分が黄赤色に変色し、指で軽く押すとサクの内壁から種子が容易に離れるようになるが、この頃は胚は球状期となる。約50日後サクが完全に変色し、種子が自然にサクの内壁から離れ、衝撃によって外に飛び出すようになるが、この頃でも胚は子葉分化期にすぎない。

収穫後、埋蔵期間の種子の胚は7月下旬までは生長、肥大を続けるが、その後は生長も分化も止まり、10月下旬まで休眠を続け、は種され越冬中に胚の生長、分化が再開され、翌春ようやく発芽に到る。

以上のことから、オウレンの種子は胚の未熟による休眠があり、この休眠は低温により打破される。また、高知県の農家では埋蔵中の種子の腐敗を防ぐため、砂及び種子の水分含量をできるだけ低く抑えているが、高水分含量であっても、腐敗しない場合もあるので、今後は腐敗要因について、詳細な解析を行うことが重要である。

なお、オウレンを防虫網で覆っても、結実することから、恐らく自殖可能と思われる。

引 用 文 献

- 1) 三鍋昌俊(編), 薬草オウレンの研究, 風間書房, 東京(1970)。
- 2) ———・仙城律, オウレンの3主産地における栽培法, 農及園, 40, 1355—1358(1966)。
- 3) 林喜三郎・小淵伸司, 高知県における栽培オウレンの生育経過, 高知大学学研報, 30(農学), 109—

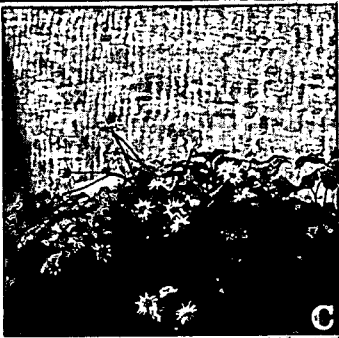
- 114 (1981)。
- 4) 松永英輔・鈴木恭治・森田正・新藤正宏, 薬用植物の研究, 暖地のオウレンの促成栽培について, 生薬学雑誌, 24, 6—12 (1970)。
 - 5) 藤伊 正, 休眠と休眠解除, 古谷雅樹他編, 植物生理学講座4, 生活環の制御, P. 187—216, 朝倉書店, 東京 (1972)。
 - 6) 川谷豊彦・金木良三・桃木芳枝, ミシマサイコ種子の発芽に関する研究, 第一報, 日作紀, 45, 243—247 (1976)。
 - 7) 雀 京求・高橋成人, 薬用人蔘種子の発芽特性に関する研究(1), 東北大農研報, 28, 145—157 (1977)。
 - 8) ———・————, —————(2) —————, 28, 157—170 (1977)。
 - 9) 高橋隆平・小河原公司, 薬用植物オウレンの種子の発芽研究, 日作紀, 49, 323—329 (1980)。

(昭和58年9月22日受理)

(昭和59年2月27日発行)

PL. I. Process of flowering and follicles growth. 開花及び結実経過
Photographing dates in 1982 1982年の撮影日

A=Mar. 7, B=Mar. 16, C=Mar. 22, D=Apr. 1,
E=Apr. 6, F=Apr. 16, G=Apr. 26, H=May 6.



PL. II. Differentiation of embryo. 胚の分化

A=Embryosac just before fertilization 受精直前の胚のう

B=Egg cell 卵細胞

C-E=Early stages of proembryo differentiation 原胚分裂初期

F-H=Proembryo differentiation 原胚分裂期

I-J=Spheroid shaped embryo 胚球状期

K-L=Cotyledon differentiation 子葉分化期

M=Early stage of cotyledon development 子葉伸長初期

N=Cotyledon development 子葉伸長期

O=First leaf differentiation 第1葉分化期

