



Title	マメ科作物における不稔種子の発現に関する形態学的並びに実験的研究
Author(s)	佐藤, 久二; SAITO, Hisaji
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 4(2), 265-310
Issue Date	1963-04-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11728
Type	departmental bulletin paper
File Information	4(2)_p265-310.pdf



マメ科作物における不稔種子の発現に関する
形態学的並びに実験的研究

佐藤久二

Morphological and Experimental Studies on Occurrence
of Aborted Seeds in Leguminous Crops

By

Hisaji SATO

目次

I. 緒論	266
II. 材料と方法	267
III. 胚珠の莢内着生位置と不稔種子の発現との関係	268
(I) 実験方法	268
(II) 実験結果	269
1. 1粒莢作物	269
2. 多粒莢作物	273
(III) 考察	279
IV. 不受精に起因する不稔種子	280
(I) 実験方法	280
(II) 実験結果	280
1. 受精の調査	280
2. 胚珠の異常に基づく不稔種子	287
3. 正常胚珠の不受精に基づく不稔種子	288
(III) 考察	289
V. 胚の退化に起因する不稔種子	289
(I) 胚発生学的観察	289
1. 実験方法	289
2. 実験結果	290
(II) 乾燥重量の比較	294
1. 実験方法	294
2. 実験結果	294
(III) 考察	295
VI. 炭酸同化と不稔種子発現との関係	296
(I) 遮光処理による不稔種子の誘発	296
1. 実験方法	296
2. 実験結果	297
(II) 摘葉処理による不稔種子の誘発	299
1. 実験方法	299

2. 実験結果	299
(III) 莢肉中央部胚珠の发育停止処理による両端部胚珠の稔実化	299
1. 実験方法	300
2. 実験結果	300
(IV) 着莢数の制限による不稔率の低減	301
1. 実験方法	301
2. 実験結果	302
(V) 考 察	303
VII. 論 議	304
VIII. 結 論	306
IX. 摘 要	306
引用文献	307
写真説明	

I. 緒 論

不稔性とは広義には種子植物において正常な能力をもつ種子が生産されないために、次代の植物が得られぬ総ての現象を包含している。従って外見上正常に发育している植物体においても温度、日照などの気象条件や栄養の過不足などにより、栄養成長のみを継続して生殖作用が抑圧され、そのため種子が生産されない場合も含まれる。狭義の不稔性とは花芽の分化より孢子形成、開花、受精を経て種子形成にいたる一連の胚発生過程において起る、何等かの異常現象により正常種子が得られない場合を指す。本研究における不稔性なる概念は狭義のものに基礎をおいている。不稔現象は種子生産を目的とする作物においては、収量に直接的な影響を与えるばかりでなく、その他農学の分野における研究遂行上多大の支障をきたすものであるから、古くより多くの研究者達がこの問題の解明に従事してきた。不稔現象の誘発には現在のところ次の諸原因があげられている。

(1) 花器の異常

花器の構造上の不備により受粉不能の場合で、上林(1925, 1927)は梅で、RAMIAH(1931)は稲で雌蕊の外形上の欠陥による不稔を報告し、また、渋谷(1934, 1955)は落花生の花柱不伸長による異常花が不稔を惹起していることを報告している。

(2) 性的欠陥

花粉または胚嚢形成が不完全で受精能力を持たない場合である。これに関する報告は極めて多いが、主として花粉に集中され、胚嚢についての報告は極めて少ない。安田(1947)はその間の事情を「胚嚢の異常が花粉における程屢々起らぬということもあろうが、花粉に対するよ

りも研究が困難であるということも研究発表の少ない理由の一つと考えられる」と述べている。花粉の異常については多くの作物で報告されているが、主なものを列記すれば、BOOTH(1902)は葡萄で、池田(1904)は柑橘で無核果の誘因としての花粉の不完全を報じ、BEADLE(1932)は玉蜀黍の葯の萎縮を述べている。またSUNESON(1940)は大麥に花粉不稔の系統の存する事を、ISHIKAWA(1927)は稲で劣性遺伝子による花粉の不正常を報告している。特定の交雑により花粉不稔を生ずる場合の報告も多く、KIHARA and KATAYAMA(1931)の *Triticum* と *Aegilops* の属間交雑における花粉生成の異常や、LONGLEY(1933)の棉の交雑種における無能花粉などが知られている。また、気象条件が花粉の生成に与える影響としては、福田(1927)、STOW(1927)は馬鈴薯で高温が、酒井(1931, 1937)は稲で低温が無能花粉を生ずることを報告している。

一方胚嚢の異常については、MARTIN(1914)は赤クローバーで、SUSA(1927)は葡萄で、COOPER(1931)は *Buginvillaea glabra* で、HÅKANSSON(1931)は豌豆で、押領司(1941)は稲で胚嚢形成の不完全を報じているが、この種の報告は概して少ない。渋谷及び佐藤(1951, 1954, 1955a, 1955b, 1956a, 1956b, 1957, 1958)は不稔性に関する一連の研究の過程で、作物により程度の差こそあれ、胚嚢形成不完全に起因する不稔種子が発生する事実を報告した。

(3) 不和合性及び機構上の不備による不受精

これは花粉、胚嚢共に完全な機能を持っているに拘らず、自家或いは他家の特定な組み合わせの時に起る不稔現象、及び雌雄異熟や塙壁受精や異型蕊などの機構上の不備による受粉不能に基づく不稔の場合である。自家不稔

に関する報告はマメ科飼料作物において特に著しいが本研究との関連性も深く夫々の項目において詳述する。

(4) 胚の退化

正常な受精が行なわれたに拘らず、その後の胚の発育が停止して完全な種子を形成しない場合であり、榎本(1923)のマツバボタンにおける致死因子による不稔の報告、KIHARA(1924)のペンタブロイド小麦雑種におけるゲノム不平衡組合せによる不稔など、遺伝学的に解明した報告は多い。その他栄養生理学的原因による胚の退化についてはCOOPER, BRINK and ALBRECHT(1937)がアルファルファで、加藤、坂口及び内藤(1954 a, 1954 b)は大豆で、また、渋谷及び佐藤による前記の報告等があるが概してこの種の報告は少ないといえよう。

(5) 種子の不発芽及び発育不全現象

特定の組合せによって得られた種子が、外見上の正常に拘らず発芽し難い現象は、遺伝学的立場より多くの報告がある。また、種間雑種によって得られた種子の発芽後の発育が不調で、満足な生活機能を果し得ない例もあり、この様な場合接木によって爾後の成育を順調に行なわしめることがLICHTER(1960)により甜菜で報告されている。

以上狭義の不稔性に関する諸原因について記述したが、異常花とか自家或いは他家などの特定な組合せによる不稔種子を除いて、受精に必要な有効花粉を柱頭につけ一応果実が形成されながらも、その中に正常種子に混って1個或いは数個の不稔種子が存在する現象が自然界にはしばしば見出される。これらの不稔種子は同一子房内の他の胚珠が正常に発達したにも拘らず、自らは不稔種子となって正常な発達をなし得なかったものである。その原因を究明し、出来うれば正常種子に発達し得る可能性を見出すために本研究は企画された。従って本研究において不稔種子を論ずる場合、有効花粉が柱頭に付着し、果実が一応形成されたことを前提としている。この観点よりすれば、不稔種子の生因は胚発生学的に受精を境として、受精前或いは受精後における胚珠の異常によるものである。さらに受精前の胚珠の異常においても、それが胚珠自体に欠陥があって受精機能を果し得ない所謂性的欠陥の場合と、胚珠は正常であるが雌雄両配偶子の合着の機会を得られなかった場合とに原因は二分され、この両者は本質的に異なるものである。

これらの諸原因が夫々の作物の不稔種子の発生にどの程度の役割を担っているかを知ることは、不稔性を解明する上に大いに役立つものと考えられる。

本研究の施行に当り絶えざる御指導と御激励をいただ

いた元北海道大学教授渋谷常紀博士に謹んで感謝の意を表す。さらに北海道大学教授長尾正人博士、同田口啓作博士、同田川隆博士よりは終始御懇篤なる御教示と本報告の御校閲を賜り、教授細川定治博士、助教授高橋万右衛門博士よりは常に有益な御助言と御批判をいただいた。これら諸先生方に衷心より感謝の意を表す。またこの研究は北海道大学農学部工芸作物学教室津田周彌助教授外教室員の方々の御協力なくしては到底遂行し得なかったものであり、本報告を草するに当り深く謝意を表す次第である。

II. 材料と方法

胚発生学的観察を行なう場合は当然顕微鏡的操作によらねばならない。しかも本研究の目的は、形成された果実内に正常種子に混って見出される不稔種子の生因を解明することにあるから、胚嚢形成、受精、胚発生などの諸現象を同一子房内の総ての胚珠について同時に観察する必要があり、1個の胚珠でも見落しがあってはならない。この目的に沿うためには子房が上室で胚珠は同方向に並んで着生しているマメ科作物が最も適合する材料としてとりあげられた。

供試作物は次の5属11種即ち赤クローバー(*Trifolium pratense* L.)、白クローバー(*T. repense* L.)、アルサイククローバー(*T. hybridum* L.)、ハンガリアンクローバー(*T. pannonicum* JACQ.)、クリムソンクローバー(*T. incarnatum* L.)、サブタレニアンクローバー(*T. subterraneum* L.)、コンモンベッチ(*Vicia sativa* L.)、ヘアリーベッチ(*V. villosa* ROTH.)、キドニーベッチ(*Anthyllis vulneraria* L.)、スイートクローバー(*Melilotus alba* DESR.)、豌豆(*Pisum sativum* L.)である。

実験は1951年より1960年にいたるまで北海道大学農学部において行なわれた。栽培は農学部附属農場において、肥料は総ての作物を通じ10a当り堆肥750kg、硫安(20%)7.5kg、過磷酸石灰(16%)18.8kg、硫酸加里(50%)7.5kgを用い、播種前に全量基肥として与えた。除草、病虫害防除等の管理は慣行にしたがい適宜行なった。

実験は次の要領にしたがって進められた。

成熟子房(莢)内の不稔種子を莢内着生位置別に調査し不稔種子の出現頻度と同時に莢内着生位置による差異を明らかにした。

胚発生学的観点より不稔種子の生因を究明するため、(1)開花時の胚珠が受精能力を持っているか否か、(2)有効花粉が柱頭に付着し受精にとって充分な時間の経過の後受精を完了したか否か、(3)受精後の胚の発達が正常

に行なわれているか否かを子房内の胚珠の着生位置との関連のもとに観察した。

受精後に胚の退化する時期を推定するため、正常な胚発生との比較のもとに、胚が発育停止する状態を観察した。また成熟時に得られた不稔種子の乾燥重量を秤量し同時に正常に発育中の受精胚珠の乾燥重量を時期別に秤量してその両者の比較により受精胚珠の発育停止時期を推定した。

受精胚珠の発育停止を栄養生理学的に究明するため、莢内の胚珠数や着花数を制限し、或いは遮光、摘葉処理など人為的な条件を与えることにより、不稔種子の出現率に及ぼす影響を観察した。処理方法については当該項目において詳述する。

顕微鏡の観察に当っては、採取材料を採取直後に Formalin Acetic Alcohol (5:5:90) によって固定し、パラフィン法により切片は 10~15 μ の切片とし、Delafield's haematoxylin で染色の後バルサムまたはグリセリン・ゼリーで封じた。

III. 胚珠の莢内着生位置と不稔種子の発現との関係

不稔種子が莢内の特定の位置に頻発する時、その位置は不稔を惹き起す原因と密接な関係を持つといえよう。例えば COOPER and BRINK (1940) はアルファルファで莢の基部に頻発する不稔は、花粉管が基部まで伸長し難い為の受精不能であると述べており、井上 (1955) も豌豆で同様の報告を行なったが、豌豆に関しては渋谷及び佐藤 (1955 a) は基部胚珠の不稔は受精の異常によるものでなく、胚の発育停止によることを明らかにした。

マメ科作物は結莢の状態から 1 粒莢と多粒莢に 2 大別することが出来る。これは勿論分類学に基礎を置くものでなく、単なる形態上の問題である。例えばここに用いた材料の内でも赤クローバー、ハンガリアン・クローバー、クリムソン・クローバー、サブタレニアン・クローバー (以下サブ・クローバーと略称)、キドニー・ベッチ、スイート・クローバー等は通常 1 粒莢を形成する。しかし 1 粒莢作物も若い子房の時代には 2 粒或いはそれ以上の胚珠を包含しているもので、これらの子房が 1 粒莢を形成すれば、正常発育した 1 粒以外の他の胚珠は必然的に不稔種子となって莢内に残留することになる。

アルサイク・クローバー、白クローバー、豌豆、コンモン・ベッチ、ヘアリー・ベッチ等は通常成熟莢内に 2 粒以上の稔実種子を有する多粒莢作物であるが、これらの作物も若い子房時代に包含していた総ての胚珠が成熟する事は稀で、通常かなりの数の不稔種子を成熟莢内に保有

している。それら不稔種子の生因を究明するため、まず莢内のどの位置の胚珠が不稔になり易いかを調査した。

(I) 実験方法

栽培並びに材料採取の概略を各作物につき述べる。

(1) 赤クローバー

1950 年 4 月下旬、45 cm \times 30 cm に点播、後 1 本立。材料には 1951 年以降の開花盛期 7 月上旬に開花したものをを用う (以下白クローバーまで同様)。

(2) ハンガリアン・クローバー

1955 年 5 月上旬、45 cm \times 30 cm に点播、後 1 本立。開花盛期は翌年 7 月上旬。

(3) クリムソン・クローバー

1955 年 5 月上旬、45 cm \times 18 cm に点播、後 1 本立。開花盛期は同年 7 月中旬。

(4) サブ・クローバー

1954 年 4 月下旬、60 cm \times 60 cm に点播、後 1 本立。開花盛期は同年 7 月中旬。

(5) キドニー・ベッチ

1955 年 5 月上旬、45 cm \times 30 cm に点播、後 1 本立。開花盛期は翌年 7 月中旬。

(6) スイート・クローバー

1954 年 4 月下旬、45 cm \times 45 cm に点播、後 1 本立。開花盛期は翌年 7 月中旬。

(7) アルサイク・クローバー

1955 年 5 月上旬、45 cm \times 30 cm に点播、後 1 本立。開花盛期は翌年 7 月上旬。

(8) 白クローバー

1955 年 5 月上旬、10 a 当り 1.5 kg で散播。開花盛期は翌年 7 月上旬。

(9) 豌豆

1951~1954 年 4 月下旬、60 cm \times 15 cm に点播、後 1 本立。開花盛期は同年 7 月上旬。材料は株上の全着生莢を用う (以下同様)。

(10) コンモン・ベッチ

1955 年 5 月上旬、60 cm \times 30 cm に点播、後 1 本立。開花盛期は同年 8 月上旬。

(11) ヘアリー・ベッチ

1955 年 5 月上旬、60 cm \times 30 cm に点播、後 1 本立。開花盛期は同年 8 月上旬。

莢及び種子がかなり大きくて肉眼観察の可能な多粒莢作物は、ルーペまたは解剖顕微鏡を用いて成熟莢を開き種子の稔、不稔を確かめた後、莢内の着生位置別に記録した。1 粒莢作物の莢は概して小さいので肉眼観察は不可能であり、切片を作って顕微鏡観察を行なった。この

場合熟度が進むと種子が硬化して切り難くなるので、1粒化が確定し、かつ切片も容易に作れる開花後10日前後が適当である。

(II) 実験結果

1. 1粒莢作物

従来1粒莢といわれる作物も稀には2粒莢を生成する

ことが知られている。自然状態における結莢率及び成熟莢内の種子を調査した結果を第1-6表に示した。結果では赤クローバーは0.1%、ハンガリアン・クローバーは0.3%、クリムゾン・クローバー、サブ・クローバー、キドニー・ベッチは0%、スイート・クローバーは1.2%の2粒莢が見出されたが、その他は総て1粒莢であった。

第1表 結 莢 率 (1951)

Table 1. Percentage of matured pods. (1951)

株 Plants	頭花数 No. of head flowers	小花数 No. of flowerets	成 熟 莢 数 No. of matured pods			結 莢 率 (%) Percentage of matured pods
			1 粒 莢 One-seeded pods	2 粒 莢 Two-seeded pods	計 Tot.	
No. 1	5	600	349	2	351	58.5
No. 2	5	488	314	0	314	64.3
No. 3	5	640	391	0	391	61.1
No. 4	5	549	383	0	383	69.8
計 Tot.	20	2277	1437 (99.9%)	2 (0.1%)	1439	63.2

* 赤クローバー Red clover.

第2表 結 莢 率 (1956)

Table 2. Percentage of matured pods. (1956)

株 Plants	頭花数 No. of head flowers	小花数 No. of flowerets	成 熟 莢 数 No. of matured pods			結 莢 率 (%) Percentage of matured pods
			1 粒 莢 One-seeded pods	2 粒 莢 Two-seeded pods	計 Tot.	
No. 1	10	1084	265	0	265	24.4
No. 2	10	769	180	1	181	23.5
No. 3	10	720	138	0	138	19.2
No. 4	10	558	77	1	78	14.0
計 Tot.	40	3131	660 (99.7%)	2 (0.3%)	662	21.1

* ハンガリアン・クローバー Hungarian clover.

第3表 結 莢 率 (1955)

Table 3. Percentage of matured pods. (1955)

株 Plants	頭花数 No. of head flowers	小花数 No. of flowerets	成 熟 莢 数 No. of matured pods			結 莢 率 (%) Percentage of matured pods
			1 粒 莢 One-seeded pods	2 粒 莢 Two-seeded pods	計 Tot.	
No. 1	5	395	184	0	184	46.6
No. 2	5	366	179	0	179	48.9
No. 3	5	464	172	0	172	37.1
No. 4	5	503	184	0	184	36.6
計 Tot.	20	1728	719 (100.0%)	0 (0%)	719	41.6

* クリムゾン・クローバー Crimson clover.

第4表 結 莢 率 (1954)

Table 4. Percentage of matured pods. (1954)

株 Plants	頭花数 No. of head flowers	小花数 No. of flowerets	成 熟 莢 数 No. of matured pods			結 莢 率 (%) Percentage of matured pods
			1 粒 莢 One-seeded pods	2 粒 莢 Two-seeded pods	計 Tot.	
No. 1	46	148	130	0	130	87.8
No. 2	47	156	134	0	134	85.9
No. 3	52	172	164	0	164	95.3
No. 4	41	142	134	0	134	94.4
No. 5	49	162	149	0	149	92.0
計 Tot.	235	780	711 (100.0%)	0 (0%)	711	91.2

* サブ・クロバー Subterranean clover.

第5表 結 莢 率 (1956)

Table 5. Percentage of matured pods. (1956)

株 Plants	頭花数 No. of head flowers	小花数 No. of flowerets	成 熟 莢 数 No. of matured pods			結 莢 率 (%) Percentage of matured pods
			1 粒 莢 One-seeded pods	2 粒 莢 Two-seeded pods	計 Tot.	
No. 1	5	122	113	0	113	92.6
No. 2	5	119	114	0	114	95.8
No. 3	5	102	93	0	93	91.2
No. 4	5	106	87	0	87	82.1
計 Tot.	20	449	407 (100.0%)	0	407	90.6

* キドニー・ベッチ Kidney vetch.

第6表 結 莢 率 (1955)

Table 6. Percentage of matured pods. (1955)

株 Plants	頭花数 No. of head flowers	小花数 No. of flowerets	成 熟 莢 数 No. of matured pods			結 莢 率 (%) Percentage of matured pods
			1 粒 莢 One-seeded pods	2 粒 莢 Two-seeded pods	計 Tot.	
No. 1	5	464	334	6	340	73.3
No. 2	5	486	337	0	337	69.3
No. 3	5	556	402	7	409	73.6
No. 4	5	507	366	4	370	73.0
計 Tot.	20	2013	1439 (98.8%)	17 (1.2%)	1456	72.3

* スイートクロバー Sweet clover.

成熟莢の大部分を占める1粒莢が1粒胚珠子房に由来するものでなく、若い子房の時代には2粒或いは作物によってはそれ以上の胚珠を包含していることは古くより知られており、例えば赤クロバーが2粒胚珠子房より1粒莢を生成する現象(写真1, 2参照)は PERCIVAL (1918)

ROBBINS (1924), PIPER (1924), MARTIN and LEONARD (1949)等によっても発表されている。また永井(1952)によればキドニー・ベッチは2粒胚珠子房といわれているが、著者の観察によれば2~4粒胚珠子房が観察され、スイート・クロバーでも2~5粒胚珠子房が確認された。

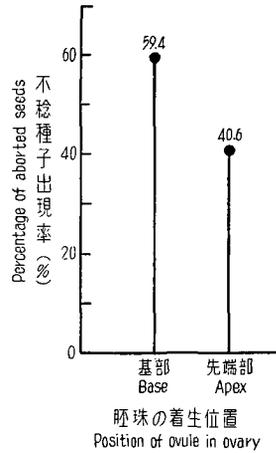
各作物につき胚珠基本数を調査した結果、赤クローバー、ハンガリアン・クローバー、クリムソン・クローバー、サブ・クローバーは総て2粒胚珠子房であるが、キドニー・ベッチは第7表に示す如く2粒胚珠81.5%、3粒胚珠16.3%、4粒胚珠2.2%が認められ、スイート・クローバーは第8表に示す如く2粒胚珠1.6%、3粒胚珠20.4%、4粒胚珠77.2%、5粒胚珠0.8%が観察された。

胚珠の着生位置別に不稔率を調査するには、1粒化の確定したと思われる時期に胎座の部分を中心に観察すると、既に発育を停止して萎縮した微細な胚珠が、正常発育中の一方の胚珠によって子房内壁に圧迫された形で胎座組織に附着しているのを識別することが出来る(写真2,11参照)。観察結果は第1-6図、第7,8表に示すとうり、赤、ハンガリアン、クリムソン、サブ・クローバーは何れも基部(花柄側)の不稔率が高く、独立性の検定ではクリムソン・クローバー、サブ・クローバー以外は何れも5%水準で有意差を示した。

キドニー・ベッチの場合、胚珠基本数に関し最も頻度の高い2粒胚珠子房について調査した結果、基部胚珠の不稔率は63.0%であり、先端部(花柱質)胚珠の37.0%に対し有意な差を示していた。

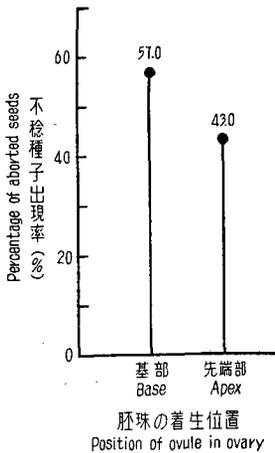
スイート・クローバーは特異な作物で、第8表に示す如く若い子房の多くは4粒胚珠を包含しているが、成熟莢は1粒莢となるものである。着生位置別不稔率は第6図

に示す如く、先端部2粒が高く基部2粒が低く、他作物の例と逆な現象を示した。各位置共50%以上の極めて高い不稔率を示しているのは、スイート・クローバーは4



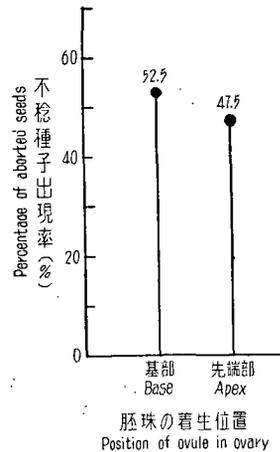
第2図 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (開花後8日, 供試子房180個, 1955) 独立性の検定 $\chi^2=12.844$ 有意差 * ハンガリアン・クローバー

Fig. 2. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (8th day after flowering, ovaries examined, 1955) significant * Hungarian clover



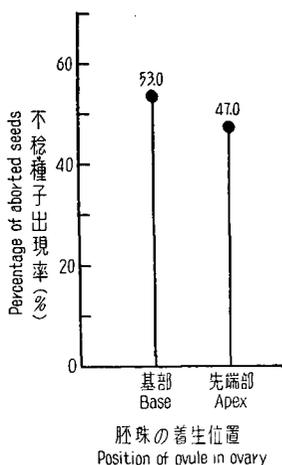
第1図 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (開花後7日, 供試子房200個, 1954) 独立性の検定 $\chi^2=7.840$ 有意差 * 赤クローバー

Fig. 1. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (7th day after flowering, 200 ovaries examined, 1954) significant * Red clover



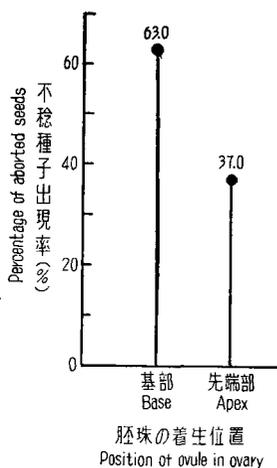
第3図 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (開花後7日, 供試子房314個, 1955) 独立性の検定 $\chi^2=1.631$ 無意差 * クリムソン・クローバー

Fig. 3. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (7th day after flowering, 314 ovaries examined, 1955) non-significant * Crimson clover



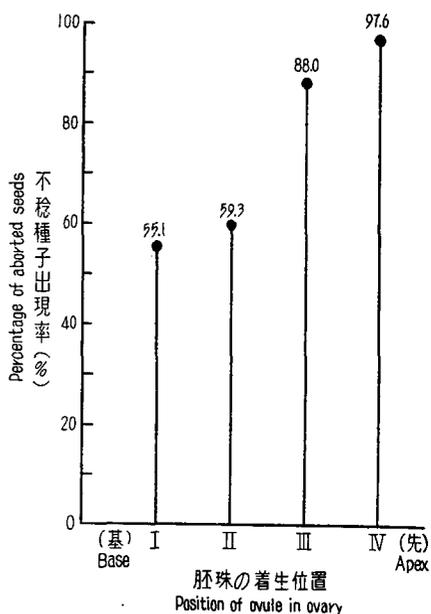
第4図 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (開花後10日, 供試子房185個, 1954) 独立性の検定 $\chi^2=1.308$ 無意差 * サブタレニアン・クローバー

Fig. 4. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (10th day after flowering, 185 ovaries examined, 1954) non-significant * Subterranean clover



第5図 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (開花後8日, 2粒胚珠子房146個, 1956) 独立性の検定 $\chi^2=19.781$ 有意差 * キドニー・ベッチ

Fig. 5. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (8th day after flowering, 146 two-ovuled ovaries examined, 1956) significant * Kidney vetch



第6図 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (開花後7日, 4粒胚珠子房167個, 1955) * スイート・クローバー

Fig. 6. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (7th day after flowering, 167 four-ovuled ovaries examined, 1955) * Sweet clover

第7表 胚珠基本数 (1956) Table 7. Basic number of ovule in ovary. (1956)

	胚珠基本数 Basic number of ovule			計 Tot.
	2粒	3粒	4粒	
子房数 No. of ovaries observed	296	59	8	363
%	81.5	16.3	2.2	100.0

* キドニー・ベッチ Kidney vetch.

第8表 胚珠基本数 (1955) Table 8. Basic number of ovule in ovary. (1955)

	胚珠基本数 Basic number of ovule				計 Tot.
	2粒	3粒	4粒	5粒	
子房数 No. of ovaries observed	4	51	193	2	250
%	1.6	20.4	77.2	0.8	100.0

* スイート・クローバー Sweet clover.

第9表 稔実種子の莢内着生位置
(開花後7日4粒胚珠子房167個, 1955)

Table 9. Position of matured seed in pod.
(7th day after flowering, 167 four-ovuled ovaries, 1955)

	稔実種子の着生位置 Position of matured seed in pod				計 Tot.
	(基) I (Base)	II	III	IV(先) (Apex)	
子房数 No. of ovaries observed	75	68	20	4	167
%	44.9	40.7	12.0	2.4	100.0

* スイート・クロウバー Sweet clover.

粒胚珠の内1粒のみが稔実化し、他の3粒は不稔となるため、とくに先端部IVは97.6%、IIIは88.0%でこの位置の胚珠は殆んど種子に発達する機会がないことを示している。それで稔実種子の出現率を莢内着生位置別に調査したところ、第9表に示す如く殆んどが基部IまたはIIに集中し、先端部III、IVの胚珠が種子に発達する例は僅か14.4%に過ぎなかった。このことからスイート・クロウバーは4粒胚珠を持っていてもその多くは基部I、IIの向れかが稔実化し、この両位置の胚珠が不受精その他の原因で不稔となった時IIIまたはIVの胚珠が稔実化するものといえよう。換言すれば、スイート・クロウバーの先端部III、IVは基部I、IIに対する補助的な役割を持つにすぎない。後述の受精調査の過程において、I、IIの両位置共不受精でIIIまたはIVが受精している子房が8.0%見出されたことは、第9表のIIIまたはIVの稔実した莢14.4%と比較して、この推定の正当性を立証するものである(写真10-12参照)。

2. 多粒莢作物

(1) アルサイク・クロウバー、白クロウバー

アルサイク・クロウバー、白クロウバーは自家不稔性であるが、花粉媒介者である蜂類は好んで訪れ、自然状態での結莢率は第10、11表に示す如く夫々76.7%、88.0%で概して良好である。しかし成熟莢内には往々にして不稔種子が混在し、莢当りの種子数は第12、13表に示す如くアルサイク・クロウバーは1~4粒、白クロウバーは1~6粒と変異が大きい。これらの若い子房の胚珠基本数を調査した結果は第14、15表に示す如く夫々2~5粒、3~7粒の胚珠が数えられ、第12、13表の種子数と比較する時相当数の不稔種子が発現するものと考えられる。

胚珠の着生位置別不稔率の調査に当っては、アルサイク・クロウバーでは胚珠基本数に関し出現頻度の高い3粒、4粒胚珠莢を用いた。結果は第7図に示す如く、何

れの位置も30乃至40%程度の不稔率で、特定位置に不稔種子が頻発する現象は認められなかった。

一方白クロウバーでは4粒、5粒、6粒胚珠莢につい

第10表 結莢率(1956)

Table 10. Percentage of matured pods. (1956)

株 Plants	頭花数 No. of head flowers	小花数 No. of flowerets	成熟莢数 No. of matured pods	結莢率(%) Percentage of matured pods
No. 1	5	295	238	80.7
No. 2	5	302	228	75.5
No. 3	5	275	203	73.8
No. 4	5	280	215	76.8
計 Tot.	20	1152	884	76.7

* アルサイク・クロウバー Alsike clover.

第11表 結莢率(1956)

Table 11. Percentage of matured pods. (1956)

頭花数 No. of head flowers	小花数 No. of flowerets	成熟莢数 No. of matured pods	結莢率(%) Percentage of matured pods
20	1845	1623	88.0

* 白クロウバー White clover.

第12表 莢当り種子数(1956)

Table 12. Number of matured seeds in pod. (1956)

莢数 No. of pods observed	莢当り種子数 No. of matured seeds in pod				計 Tot.
	1粒	2粒	3粒	4粒	
	217	365	228	74	884
%	24.5	41.3	25.8	8.4	100.0

* アルサイク・クロウバー Alsike clover.

第13表 莢当り種子数(1956)

Table 13. Number of matured seeds in pod. (1956)

莢数 No. of pods observed	莢当り種子数 No. of matured seeds in pod						計 Tot.
	1粒	2粒	3粒	4粒	5粒	6粒	
	384	481	441	194	91	32	1623
%	23.7	29.6	27.2	12.0	5.6	2.0	100.1

* 白クロウバー White clover.

第14表 胚珠基本数 (1956)

Table 14. Basic number of ovule in ovary. (1956)

	胚珠基本数 Basic number of ovule				計 Tot.
	2粒	3粒	4粒	5粒	
子房数 No. of ovaries observed	33	77	92	2	204
%	16.2	37.7	45.1	1.0	100.0

* アルサイク・クローパー Alsike clover.

第15表 胚珠基本数 (1956)

Table 15. Basic number of ovule in ovary. (1956)

	胚珠基本数 Basic number of ovule					計 Tot.
	3粒	4粒	5粒	6粒	7粒	
子房数 No. of ovaries observed	11	91	103	90	5	300
%	3.7	30.3	34.3	30.0	1.7	100.0

* 白クローパー White clover.

て調査したところ第8図に示す如く胚珠基本数の少ない莢では位置による不稔種子出現の差異は認められなかったが、胚珠基本数が増加するにしたがい、漸次莢の両端部が不稔率高く、中央部は低い現象が認められた。

(2) 豌豆

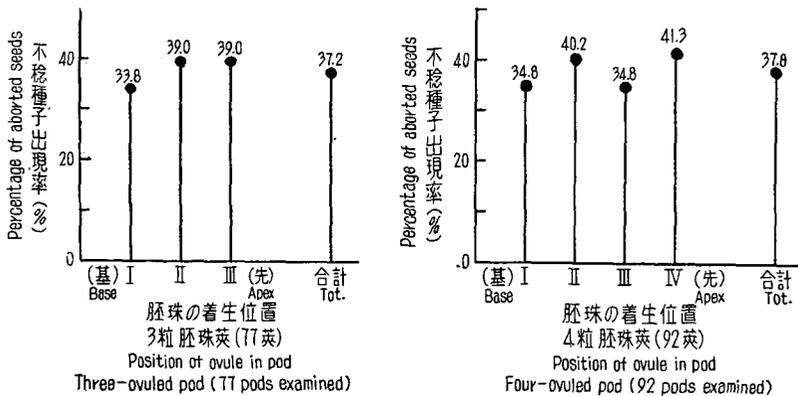
豌豆の調査には白花絹莢、鈴成絹莢、米国大莢、仏国大莢(以上軟莢種)、目黒大粒、札幌青手無、アラスカ(以上硬莢種)の7品種を用いた。各品種共任意に抽出した

10株の全着生莢を対象として不稔率をもとめた。結果は第16表に示す如く最低のアラスカ21.7%、最高札幌青手無60.4%の外は大体30~40%程度の不稔率であった。

胚珠基本数に関して COOPER (1938) は8~10粒と報告しているが、実際はより変異に富むもので、白花絹莢を用いての調査結果は第17表に示す如く6~12粒まで認められ、8粒胚珠子房が42.0%で最も頻度が高かった。各品種につき最も頻度の高い胚珠基本数を有する莢につき着生位置別に不稔率を調査した結果を第18表、第9図に示した。胚珠の着生位置については第10図に模式図を掲げた。

結果は明らかに莢の両端部における不稔種子の多発を示し、白花絹莢では8粒胚珠莢の最基部Iが90.3%で最も不稔率高く、最先端部VIIIが53.5%でこれにつき、以下IIの52.3%、VIIの26.5%の順で、中央部III-VIは概して低かった。そして両端部より中央部に進むにつれて不稔率が減少してゆく傾向は供試各品種を通じ全く共通の現象であった(写真13, 14参照)。さらに白花絹莢を用いて1951~1954年の4年間連続して行なった調査結果も、第19表に示す如く、全く同様に莢の両端部が不稔率の高い傾向を示した。したがってかかる現象は豌豆に関して固有のものと言えよう。

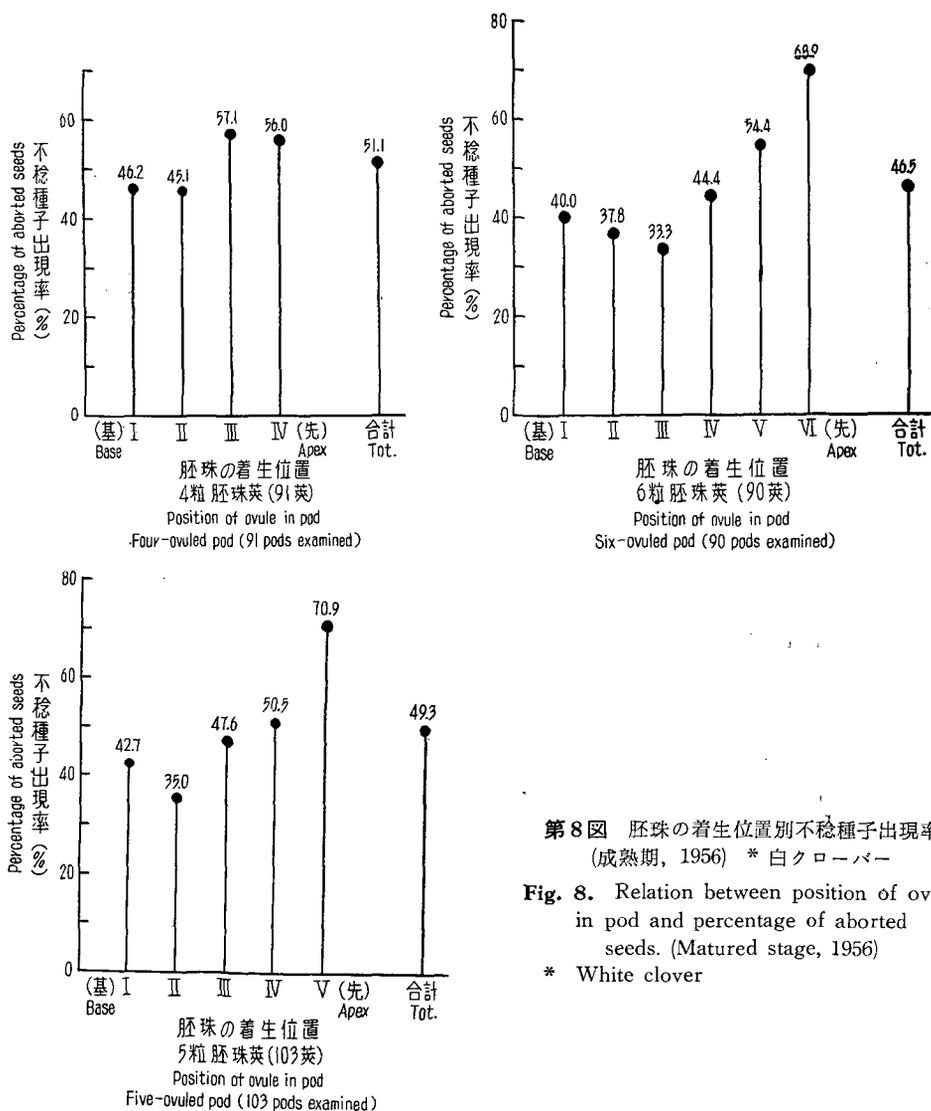
第19表において前の2ヶ年が後の2ヶ年に比べて一般的に不稔率が低いのは、後者は株上の全着生莢を用いたのに対し前者は開花盛期の莢のみを対象として、不稔種子発生の甚だしい開花終期の莢を用いなかったためである。開花の時期と不稔率との関係については最下位2段の莢を初期、中央位2段の莢を盛期、最上位2段の莢



第7図 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (成熟期, 1956)

* アルサイク・クローパー

Fig. 7. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (Matured stage, 1956) * Alsike clover



第8図 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (成熟期, 1956) * 白クローバー

Fig. 8. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (Matured stage, 1956)

* White clover

を終期の莢とする時、第20表に示す如く初期、盛期に比較して終期の莢が著しく不稔率が高いことを知った。

(3) コンモン・ベッチ

任意に抽出した10株の全着生莢を対象とした不稔率の調査結果は、第21表に示す如く各個体何れも35~45%で、全体で38.4%の不稔率であった。

胚珠基本数は第22表に示す如く5~9粒まで観察されたが、頻度の高い胚珠数は7粒(44.7%)、8粒(40.8%)胚珠子房であった。それでこれらの胚珠基本数を有する莢について着生位置別に不稔率を調査した結果は第11図に示す如く7粒胚珠莢ではI:90.6%、II:53.5%、VII:

50.0%で、8粒胚珠莢ではI:96.8%、II:66.5%、VIII:52.3%で何れも莢の両端部に不稔種子の発現が多く、中央部はそれに比較して著しく少なく、既述の豌豆と全く同様の傾向を示した。

(4) ヘアリー・ベッチ

胚珠基本数は第23表に示す如く4~9粒まで認められたが、頻度の高い胚珠数は6粒(29.1%)、7粒(43.1%)胚珠子房であった。これらの胚珠基本数を有する莢について着生位置別に不稔率を調査した結果は第12図に示す如く既述の豌豆、コンモン・ベッチ程著しくはないが、傾向としては同様で、莢の両端部が不稔率高く中央部にお

第16表 品種別不稔種子出現率 (1954)
Table 16. Percentage of aborted seeds. (1954)

品 種 名 Varieties	株 数 No. of plants	莢 数 No. of pods	胚珠原基数 No. of ovules	稔実種子数 No. of matured seeds	不稔種子数 No. of aborted seeds	不稔率 (%) Percentage of aborted seeds
白 花 絹 莢 Shirohana-Kinusaya	10	311	2515	1694	821	32.6
鈴 成 絹 莢 Suzunari-Kinusaya	10	338	2742	1870	872	31.8
米 国 大 莢 American-Osaya	10	264	2048	1292	756	36.9
仏 国 大 莢 French-Osaya	10	170	1358	951	407	30.0
目 黒 大 粒 Meguro-Dairyu	10	194	1594	1055	539	33.8
札幌青手無 Sapporo-Aotenashi	10	306	2198	871	1327	60.4
アラスカ Alaska	10	312	2193	1718	475	21.7

* 豌豆 Pea.

第17表 胚珠基本数 (白花絹莢, 1954)
Table 17. Basic number of ovule in ovary. (Shirohana-Kinusaya, 1954)

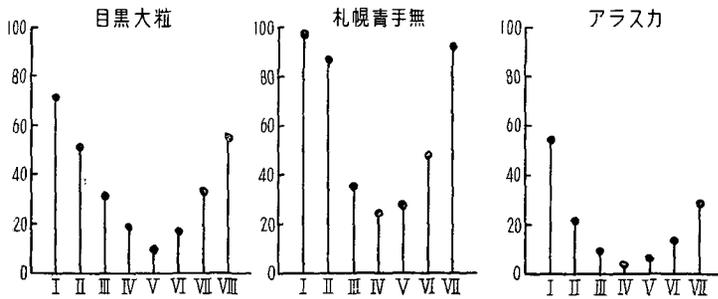
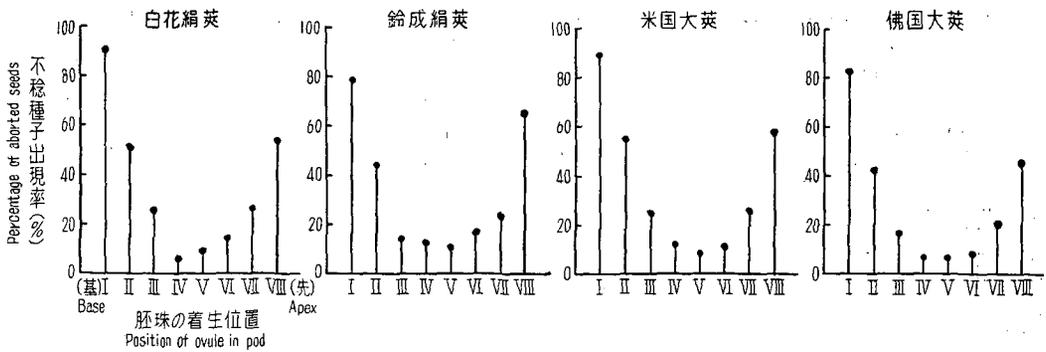
	胚 珠 基 本 数 Basic number of ovule							計 Tot.
	6 粒	7 粒	8 粒	9 粒	10 粒	11 粒	12 粒	
子 房 数 No. of ovaries observed	10	134	434	374	75	6	1	1034
%	1.0	13.0	42.0	36.2	7.3	0.6	0.1	100.2

* 豌豆 Pea.

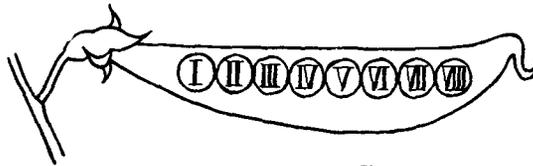
第18表 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (1954)
Table 18. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (1954)

品 種 名 Varieties	莢 数 No. of pods	胚 珠 の 着 生 位 置 (%) Position of ovule in pod							
		(基) I (Base)	II	III	IV	V	VI	VII	VIII (先) (Apex)
白 花 絹 莢 Shirohana-Kinusaya	155	90.3	52.3	25.2	5.8	9.7	14.2	26.5	53.5
鈴 成 絹 莢 Suzunari-Kinusaya	210	78.6	44.3	14.8	12.4	10.5	17.1	22.9	64.3
米 国 大 莢 American-Osaya	159	88.1	55.3	24.5	12.6	8.8	11.9	25.8	57.9
仏 国 大 莢 French-Osaya	92	82.6	42.3	16.3	6.5	6.5	7.6	20.7	44.6
目 黒 大 粒 Meguro-Dairyu	129	70.5	50.4	31.0	18.6	10.8	16.3	32.6	55.0
札幌青手無 Sapporo-Aotenashi	198	98.5	87.4	35.9	24.2	28.3	48.4	92.4	—
アラスカ Alaska	183	54.1	21.3	9.3	3.8	6.6	13.7	28.4	—

* 豌豆 Pea.



第 9 図 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (成熟期, 1954) * 豌豆
 Fig. 9. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (Matured stage, 1954) * Pea



第 10 図 胚珠の着生位置 (豌豆)
 Fig. 10. Position of ovule in pod. * Pea

第 19 表 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (年度別, 白花絹莢)
 Table 19. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (Years, Shirohana-Kinusaya)

年 度 Years	莢 数 No. of pods	胚 珠 の 着 生 位 置 (%) Position of ovule in pod							
		(基 I) (Base)	II	III	IV	V	VI	VII	VIII (先) (Apex)
1951	74	66.2	17.6	10.8	9.5	8.1	9.5	16.2	39.2
1952	102	60.8	30.3	9.8	5.9	7.8	5.9	15.7	52.9
1953	187	88.2	68.9	30.4	13.9	11.2	21.9	38.5	75.9
1954	155	90.3	52.3	25.2	5.8	9.7	14.2	26.5	53.5

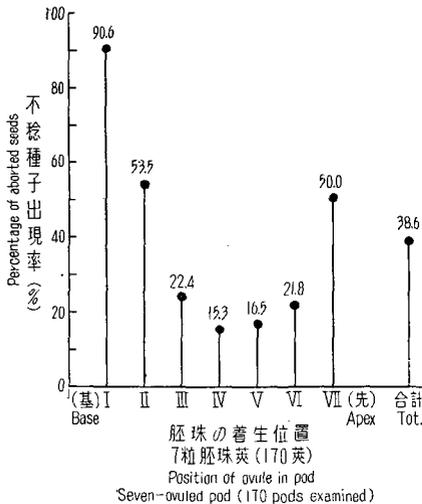
* 豌豆 Pea.

第20表 開花時期と不稔種子出現率との関係 (1954)

Table 20. Relation between stage of blossom and percentage of aborted seeds. (1954)

品 種 名 Varieties	開 花 時 期 (%) Blossom		
	初 期 Beginning	盛 期 Full	終 期 Last
	白 花 絹 莢 Shirohana-Kinusaya	17.4	23.3
鈴 成 絹 莢 Suzunari-Kinusaya	13.8	16.7	45.0
米 国 大 莢 American-Osaya	21.5	37.7	62.0
仏 国 大 莢 French-Osaya	14.1	23.2	50.8
目 黒 大 粒 Meguro-Dairyu	14.7	23.4	60.6
札幌青手無 Sapporo-Aotenashi	46.1	51.9	76.6
ア ラ ス カ Alaska	8.6	10.9	44.8

* 豌豆 Pea.



第11図 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (成熟期, 1955) * コンモン・ベッチ

Fig. 11. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (Matured stage, 1955) * Common vetch

第22表 胚珠基本数 (1955)

Table 22. Basic number of ovule in ovary. (1955)

	胚珠基本数 Basic number of ovule					計 Tot.
	5粒	6粒	7粒	8粒	9粒	
子房数 No. of ovaries observed	3	32	170	155	20	380
%	0.8	8.4	44.7	40.8	5.3	100.0

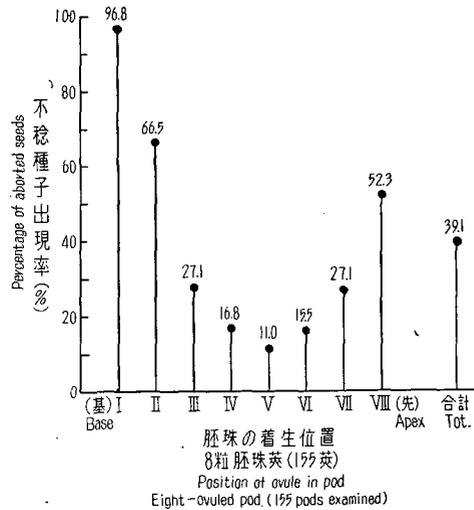
* コンモン・ベッチ Common vetch.

第21表 不稔種子出現率 (1955)

Table 21. Percentage of aborted seeds. (1955)

株 Plants	莢 数 No. of pods	胚 珠 原 基 数 No. of ovules	稔 実 種 子 数 No. of matured seeds	不 稔 種 子 数 No. of aborted seeds	不 稔 率 (%) Percentage of aborted seeds
No. 1	29	204	130	74	36.3
No. 2	48	367	230	137	37.3
No. 3	42	308	178	130	42.2
No. 4	47	351	195	156	44.4
No. 5	28	209	138	71	34.0
No. 6	37	271	173	98	36.2
No. 7	40	289	181	108	37.4
No. 8	28	206	135	71	34.5
No. 9	45	346	202	144	41.6
No. 10	36	266	174	92	34.6
計 Tot.	380	2817	1736	1081	38.4

* コンモン・ベッチ Common vetch.

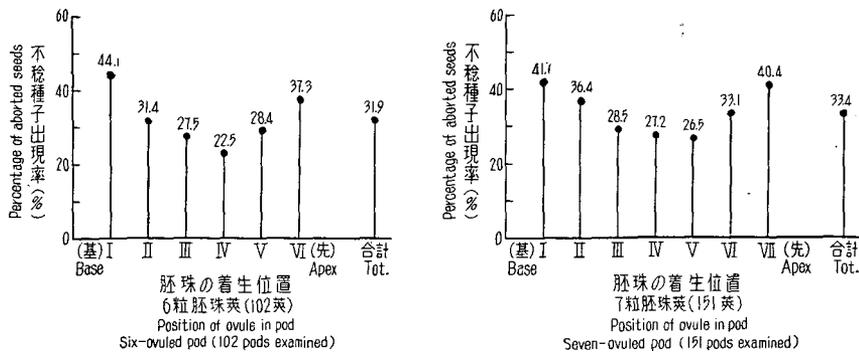


第23表 胚珠基本数 (1955)

Table 23. Basic number of ovule in ovary. (1955)

	胚珠基本数 Basic number of ovule						計 Tot.
	4粒	5粒	6粒	7粒	8粒	9粒	
子房数 No. of ovaries observed	6	36	102	151	52	3	350
%	1.7	10.3	29.1	43.1	14.9	0.9	100.0

* ヘアリー・ベッチ Hairy vetch.



第 12 図 胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (成熟期, 1955) * ヘアリー・ベッチ

Fig. 12. Relation between position of ovule in pod and percentage of aborted seeds. (Matured stage, 1955) * Hairy vetch

いて低かった。

(III) 考 察

4 粒胚珠子房より 1 粒莢を生ずるスイート・クローバーの特異な例を除き、2 粒胚珠子房から発達した 1 粒莢作物では全般的に基部胚珠の不稔が多く認められた。莢内着生位置と稔性ととの独立性の検定の結果は、クリムソン、サブ・クローバー等は 5% 水準で有意な差を示さなかったが、赤クローバー、ハンガリアン・クローバー、キドニー・ベッチ等は明らかに有意差を示していた。このことは 1 粒莢では 2 粒胚珠の内の基部に着生する胚珠が不稔になり易いことを示しており、したがって何等か着生位置に関連した不稔の原因が存在することを暗示するものといえよう。

子房の基部胚珠は先端部の胚珠に比べて柱頭からの距離が遠いので、受精の場合ややもすると不利な条件にあることは容易に推定出来るし、COOPER and BRINK (1940) はアルファルファでそれを実証した。しかしアルファルファは子房内に通常 10 粒内外の胚珠を包含しており、子房が細長いので花粉管が子房基部まで伸長し難いものであるが、ここに用いた赤クローバーその他の 1 粒莢は子房内の胚珠数は僅か 2 粒であり、かつ子房縦断面も長楕円形で、花粉管が伸長到達し難い程遠距離とも思われぬ (写真 1 参照)。したがってこの問題の解決には胚珠の着生位置別の受精の検定が当然必要であり、その結果により基部胚珠の不稔の多くは不受精に基づくものか、あるいは受精後の欠陥によるものかが決定されよう。

スイート・クローバーに関しては既に述べた如く他の 1 粒莢とは様相を異にし、成熟時の稔実種子の殆んどが基部 I, II に集中していることと、I, II 共に不受精の割合 (8.0%) と実際に III, IV の何れかが種子に発達した割

合 (14.4%) とが大體類似していることから、先端部の III, IV は基部 I, II が正常発達出来ないときの補助的な役割を果すものと考えてよく、したがって基部 I と II の間に他の 1 粒莢作物の先、基間の関係が存在するのでなからうかと考えられる。

多粒莢については、子房内の胚珠基本数の多い豌豆その他の作物で、莢の両端部に不稔種子の発現の多い現象が認められた。豌豆では 7 品種を用い、また 4 年間連続しての調査の結果より、莢の両端部における不稔種子の頻発の現象は、この作物固有の性質であることが明確にされた。さらにこの傾向はコンモン・ベッチ、ヘアリー・ベッチにも認められた。

胚珠基本数の多い作物において、仮に基部胚珠にのみ不稔率が高いならば、その原因はアルファルファの例の如く花粉管の伸長困難による不受精と結びつくが、豌豆の様に花柱に最も近い先端部においても不稔率が高い現象は、花粉管の伸長との関連性は極めて薄く、むしろそれ以外の原因が働いているものと思われる。胚珠が生殖機能を持たない性的欠陥とか胚の退化などが推定されるが、その詳細は胚発生学的観察により明確にされるであろう。胚珠基本数の少ないアルサイク・クローバーでは着生位置による不稔率の差異は明瞭でなかったが、白クローバーの例の如く胚珠基本数の少ない 4 粒胚珠莢ではアルサイク・クローバー同様に着生位置による差異は認められなかったが、胚珠基本数の多い 6 粒胚珠莢では、中央部と両端部との間に差異が認められたことは、子房内の胚珠基本数が増加するにしたがい、豌豆におけるが如き傾向を示すものではなからうかと思考される。

IV. 不受精に起因する不稔種子

胚珠の莢内着生位置と不稔種子の発現との関係を調査した結果、1粒莢では概して莢の基部に不稔種子の発現多く、多粒莢では莢の両端部に発現の多いことが確認された。この不稔の原因は、胚発生学的に胚珠が不受精の状態であるか、或いは受精後の異常によるものかによって根本的に異なる。さらに胚珠の不受精にしても、胚珠自体に欠陥のある所謂異常胚珠(性的欠陥)による不受精と、外観上完全な胚嚢を有する正常胚珠の花粉管未到達による機会的な不受精とでは原因を異にし、前者は受粉とは無関係に最初から不稔となるべく運命づけられているのに対し、後者は受粉が充分に行なわれれば受精の機会を得て稔実種子に発達しうる可能性をもつものである。したがって特定の位置に発現の多い不稔の原因が、受精の異常によるものか或いは受精後の異常に起因するものかを明確にし、あわせて不受精の原因が胚珠自体にあるのか、または不十分な受粉によるものかを判定するため各作物につき受精の検定を行なった。

受精の検定を行なうに当り自家不稔性が当然問題となる。供試作物の中では赤クローバー、白クローバー、アルサイク・クローバー等は自家不稔性作物として知られており、とくに赤クローバーに関しては近年 WILLIAMS (1931), RINKE and JOHNSON (1941), THOMAS (1955) 等により自家稔性の系統が発見されてはいるが、従来より自家不稔性作物として広く知られており HERSHBERGER (1920), SILOW (1931), MARTIN and LEONARD (1949), 村上 (1950, 1958), 江原 (1954) 等の報告がある。白クローバーの自家不稔性については ATWOOD (1940, 1941 a, 1941 b, 1947) の詳細な報告がある。

スイート・クローバーは黄花種の *Melilotus officinalis* LAM. は自家不稔性であるが、本研究に用いた白花種の *M. alba* DESR. は自家稔性であることが KIRK (1925, 1929, 1930), KIRK and DAVIDSON (1928) により報告されており、著者の予備実験においても自家稔性が確認された。

ハンガリアン・クローバーについては稔性に関する記載を発見出来なかったが、予備実験により自家不稔性であることを確認した。

クリムソン・クローバーは昆虫による tripping の必要があるが、本質的には自家稔性であり、人工自家授粉により結実可能といわれている。その他サブ・クローバー、キドニー・ベッチ、豌豆、コンモン・ベッチ、ヘアリー・ベッチ等は何れも自家稔性で昆虫の飛来なしに結実するも

のである。

稔性に関する以上の予備知識を基礎にして受精の検定を行なった。

(I) 実験方法

自家不稔性であることが確認された作物については、開花当日少なくとも他の3株以上の花粉を混合して人工他家授粉を施し、十分な昆虫の飛来があったのと同じ条件を与えた。クリムソン・クローバーには人工 tripping を施した。自家稔性作物はそのまま放置した。

受粉より受精に至る時間は赤クローバー、スイート・クローバー、豌豆等少数の作物では知られているが、その他については確認されていないし、またこの時間は環境によって変異の大きいものであるから、供試作物総てについて予備実験で夫々確認した。授粉後材料採取までの時間は各作物につき次の如くである。

赤クローバー：48時間

ハンガリアン・クローバー：96時間

クリムソン・クローバー：48時間

サブ・クローバー：48時間

キドニー・ベッチ：72時間

スイート・クローバー：72時間

アルサイク・クローバー：72時間

白クローバー：48時間

豌豆：24時間

コンモン・ベッチ：48時間

ヘアリー・ベッチ：48時間

子房は縦断して、包含されている総ての胚珠について着生位置を確認し、受精の有無を識別した。不受精胚珠については胚嚢形成の良否を検討した。操作上の不手際により1個の胚珠でも確認出来なかった材料は総て除外した。

(II) 実験結果

1. 受精の調査

各作物についての受精の調査結果は第24-40表に掲げた。1粒莢作物については包含する受精胚珠数について供試子房を類別した。

(1) 赤クローバー

供試子房248個、観察胚珠496個の内受精胚珠は250個で、受精率は低く50.4%であった。着生位置による受精率は基部50.0%、先端部50.8%で差異は認められなかった。

(2) ハンガリアン・クローバー

供試子房41個、観察胚珠82個の内受精胚珠は31個で、受精率は極めて悪く37.8%であったが、着生位置に

第24表 受精率 (供試子房248個, 1954)

Table 24. Relation between position of ovule in ovary and ovule fertility. (248 ovaries examined, 1954)

胚 Ovules	珠	胚珠の着生位置 Position of ovule in ovary		計 Tot.
		基部 (Base)	先端部 (Apex)	
全 No. of total	観察 observed	248	248	496
受精 Fertilized	胚珠 { 観察数 No. % }	124 50.0	126 50.8	250 50.4
不受精 Non-fertilized	胚珠 { 観察数 No. % }	124 50.0	122 49.2	246 49.6
不受精正常 Non-fertilized (but normal)	胚珠 { 観察数 No. % }	49 19.8	46 18.5	95 19.2
異常 Non-fertilized (but abnormal)	胚珠 { 観察数 No. % }	75 30.2	76 30.6	151 30.4

* 赤クローバー Redclover.

第25表 子房内の受精胚珠数

Table 25. Number of fertilized ovules in ovary.

	受精胚珠2粒 を有する子房 Ovaries, having two fertilized ovules	受精胚珠1粒 を有する子房 Ovaries, having one fertilized ovule	受精胚珠を 有しない子房 Ovaries, having no fertilized ovule	計 Tot.
観察数 No. of ovaries observed	73	104	71	248
%	29.4	41.9	28.6	99.9

* 赤クローバー Red clover.

第26表 受精率 (供試子房41個, 1956)

Table 26. Relation between position of ovule in ovary and ovule fertility. (41 ovaries examined, 1956)

胚 Ovules	珠	胚珠の着生位置 Position of ovule in ovary		計 Tot.
		基部 (Base)	先端部 (Apex)	
全 No. of total	観察 observed	41	41	82
受精 Fertilized	胚珠 { 観察数 No. % }	15 36.6	16 39.0	31 37.8
不受精 Non-fertilized	胚珠 { 観察数 No. % }	26 63.4	25 61.0	51 62.2
不受精正常 Non-fertilized (but normal)	胚珠 { 観察数 No. % }	16 39.0	8 19.5	24 29.3
異常 Non-fertilized (but abnormal)	胚珠 { 観察数 No. % }	10 24.4	17 41.5	27 32.9

* ハンガリアン・クローバー Hungarian clover.

よる受精率は基部 36.6%, 先端部 39.0% で基部胚珠が特に受精し難いという現象は認められなかった。

(3) クリムソン・クローパー

供試子房 96 個, 観察胚珠 192 個の内受精胚珠は 120 個で, 受精率は 62.5% であった。位置については基部 70.8%, 先端部 64.2% で差異は認められなかった。

(4) サブ・クローパー

供試子房 124 個, 観察胚珠 248 個の内受精胚珠は 194 個で, 受精率は 78.2% であった。位置については基部

72.6%, 先端部 83.9% で差異は認められなかった。

(5) キドニー・ベッチ

胚珠基本数に関し頻度が高い 2 粒胚珠子房について調査した結果, 供試子房 150 個, 観察胚珠 300 個の内受精胚珠は 258 個で, 受精率は 86.0% であった。位置については基部 84.0%, 先端部 88.0% で差異は認められなかった。

(6) スイート・クローパー

4 粒胚珠子房 50 個, 観察胚珠 200 個の内受精胚珠は

第 27 表 子房内の受精胚珠数

Table 27. Number of fertilized ovules in ovary.

	受精胚珠 2 粒 を有する子房 Ovaries, having two fertilized ovules	受精胚珠 1 粒 を有する子房 Ovaries, having one fertilized ovule	受精胚珠を 有しない子房 Ovaries, having no fertilized ovule	計 Tot.
観 察 数 No. of ovaries observed	6	19	16	41
%	14.6	46.3	39.0	99.9

* ハンガリアン・クローパー Hungarian clover.

第 28 表 受 精 率 (供試子房 96 個, 1955)

Table 28. Relation between position of ovule in ovary and ovule fertility. (96 ovaries examined, 1955)

胚 珠 Ovules	胚珠の着生位置 Position of ovule in ovary		計 Tot.
	基 部 (Base)	先 端 部 (Apex)	
全 観 察 数 No. of total ovules observed	96	96	192
受 精 胚 珠 { 観 察 数 No. Fertilized ovules { %	68 70.8	52 64.2	120 62.5
不 受 精 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized ovules { %	28 29.2	44 45.8	72 37.5
不 受 精 正 常 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized (but normal) ovules { %	19 19.8	40 41.7	59 30.7
異 常 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized (but ab- normal) ovules { %	9 9.4	4 4.2	13 6.8

* クリムソン・クローパー Crimson clover.

第 29 表 子房内の受精胚珠数

Table 29. Number of fertilized ovules in ovary.

	受精胚珠 2 粒 を有する子房 Ovaries, having two fertilized ovules	受精胚珠 1 粒 を有する子房 Ovaries, having one fertilized ovule	受精胚珠を 有しない子房 Ovaries, having no fertilized ovule	計 Tot.
観 察 数 No. of ovaries observed	27	66	3	96
%	28.1	68.8	3.1	100.0

* クリムソン・クローパー Crimson clover.

第30表 受精率 (供試子房124個, 1954)

Table 30. Relation between position of ovule in ovary and ovule fertility. (124 ovaries examined, 1954)

胚 Ovules	珠	胚珠の着生位置 Position of ovule in ovary		計 Tot.
		基 部 (Base)	先 端 部 (Apex)	
全 No. of total ovules	観 察 数	124	124	248
受 精 胚 珠 Fertilized ovules	{ 観 察 数 No. % }	90 72.6	104 83.9	194 78.2
不 受 精 胚 珠 Non-fertilized ovules	{ 観 察 数 No. % }	34 27.4	20 16.1	54 21.8
不 受 精 正 常 胚 珠 Non-fertilized (but normal) ovules	{ 観 察 数 No. % }	25 20.2	14 11.3	39 15.7
異 常 胚 珠 Non-fertilized (but ab- normal) ovules	{ 観 察 数 No. % }	9 7.3	6 4.8	15 6.0

* サブ・クローバー Subterranean clover.

第31表 子房内の受精胚珠数

Table 31. Number of fertilized ovules in ovary.

	受精胚珠2粒 を有する子房 Ovaries, having two fertilized ovules	受精胚珠1粒 を有する子房 Ovaries, having one fertilized ovule	受精胚珠を 有しない子房 Ovaries, having no fertilized ovule	計 Tot.
観 察 数 No. of ovaries observed	80	34	10	124
%	64.5	27.4	8.1	100.0

* サブ・クローバー Subterranean clover.

第32表 受精率 (2粒胚珠子房150個, 1956)

Table 32. Relation between position of ovule in ovary and ovule fertility. (150 two-ovuled ovaries examined, 1956)

胚 Ovules	珠	胚珠の着生位置 Position of ovule in ovary		計 Tot.
		基 部 (Base)	先 端 部 (Apex)	
全 No. of total ovules	観 察 数	150	150	300
受 精 胚 珠 Fertilized ovules	{ 観 察 数 No. % }	126 84.0	132 88.0	258 86.0
不 受 精 胚 珠 Non-fertilized ovules	{ 観 察 数 No. % }	24 16.0	18 12.0	42 14.0
不 受 精 正 常 胚 珠 Non-fertilized (but normal) ovules	{ 観 察 数 No. % }	16 10.7	12 8.0	28 9.3
異 常 胚 珠 Non-fertilized (but ab- normal) ovules	{ 観 察 数 No. % }	8 5.3	6 4.0	14 4.7

* キドニー・ベッチ Kidney vetch.

第33表 子房内の受精胚珠数

Table 33. Number of fertilized ovules in ovary.

	受精胚珠2粒 を有する子房 Ovaries, having two fertilized ovules	受精胚珠1粒 を有する子房 Ovaries, having one fertilized ovule	受精胚珠を 有しない子房 Ovaries, having no fertilized ovule	計 Tot.
観察数 No. of ovaries observed	116	26	8	150
%	77.3	17.3	5.3	99.9

* キドニー・ベッチ Kidney vetch.

第34表 受精率 (4粒胚珠子房50個, 1955)

Table 34. Relation between position of ovule in ovary and ovule fertility. (50 four-ovuled ovaries examined, 1955)

胚 Ovules 珠	胚珠の着生位置 Position of ovule in ovary				計 Tot.
	(基) I (Base)	II	III	(先) IV (Apex)	
全 No. of total ovules 観察 数	50	50	50	50	200
受精胚珠 { 観察数 No. Fertilized ovules %	35 70.0	41 82.0	37 74.0	33 66.0	146 73.0
不受精胚珠 { 観察数 No. Non-fertilized ovules %	15 30.0	9 18.0	13 26.0	17 34.0	54 27.0
不精受正常胚珠 { 観察数 No. Non-fertilized (but normal) ovules %	5 10.0	2 4.0	2 4.0	1 2.0	10 5.0
異常胚珠 { 観察数 No. Non-fertilized (but ab- normal) ovules %	10 20.0	7 14.0	11 22.0	16 32.0	44 22.0

* スイート・クローバー Sweet clover.

第35表 子房内の受精胚珠数 (4粒胚珠子房)

Table 35. Number of fertilized ovules in ovary. (Four-ovuled ovaries)

	受精胚珠4粒 を有する子房 Ovaries, having four fertilized ovules	受精胚珠3粒 を有する子房 Ovaries, having three fertilized ovules	受精胚珠2粒 を有する子房 Ovaries, having two fertilized ovules	受精胚珠1粒 を有する子房 Ovaries, having one fertilized ovule	計 Tot.
観察数 No. of ovaries observed	19	14	11	6	50
%	38.0	28.0	22.0	12.0	100.0

* スイート・クローバー Sweet clover.

146個で、受精率は73.0%であった。基部よりI:70.0% II:82.0%, III:74.0%, IV:66.0%で、不稔率の高かったIII, IVも受精率に関してはI, IIに比べて損色なく、先端部に頻発する不稔は受精によるものでないことは明らかである。

(7) アルサイク・クローバー

4粒胚珠子房55個、観察胚珠220個の内受精胚珠は

197個で、受精率は89.5%であった。各位置についてはI:90.9%, II:87.3%, III:89.1%, IV:90.9%で不稔率に差異がなかったと同様に受精率についても差異は認められなかった。

(8) 白クローバー

5粒胚珠子房53個、観察胚珠265個の内受精胚珠は195個で、受精率は73.6%であった。各位置については

第36表 受精率 (4粒胚珠子房55個, 1956)

Table 36. Relation between position of ovule in ovary and ovule fertility. (55 four-ovuled ovaries examined, 1956)

胚 珠 Ovules	胚珠の着生位置 Position of ovule in ovary				計 Tot.
	(基) I (Base)	II	III	IV (先) (Apex)	
全 観 察 数 No. of total ovules observed	55	55	55	55	220
受 精 胚 珠 { 観 察 数 No. Fertilized ovules { %	50 90.9	48 87.3	49 89.1	50 90.9	197 89.5
不 受 精 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized ovules { %	5 9.1	7 12.7	6 10.9	5 9.1	23 10.5
不 受 精 正 常 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized (but normal) ovules { %	2 3.6	1 1.8	2 3.6	2 3.6	7 3.2
異 常 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized (but ab- normal) ovules { %	3 5.5	6 10.9	4 7.3	3 5.5	16 7.3

* アルサイク・クロバー Alsike clover.

第37表 受精率 (5粒胚珠子房53個, 1956)

Table 37. Relation between position of ovule in ovary and ovule fertility. (53 five-ovuled ovaries examined, 1956)

胚 珠 Ovules	胚珠の着生位置 Position of ovule in ovary					計 Tot.
	(基) I (Base)	II	III	IV	V (先) (Apex)	
全 観 察 数 No. of total ovules observed	53	53	53	53	53	265
受 精 胚 珠 { 観 察 数 No. Fertilized ovules { %	41 77.4	37 69.8	37 69.8	42 79.2	38 71.7	195 73.6
不 受 精 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized ovules { %	12 22.6	16 30.2	16 30.2	11 20.8	15 28.3	70 26.4
不 受 精 正 常 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized (but normal) ovules { %	10 18.9	8 16.7	6 11.3	6 11.3	11 20.8	41 15.5
異 常 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized (but ab- normal) ovules { %	2 3.8	8 15.1	10 18.9	5 9.4	4 7.5	29 10.9

* 白クロバー White clover.

I: 77.4%, II: 69.8%, III: 69.8%, IV: 79.2%, V: 71.7%
で何れも大差はなかった。

(9) 豌豆

白花絹莢を用い、8粒胚珠子房105個、観察胚珠840個の内受精胚珠は798個で、受精率は著しく高く95.0%を示した。不稔率の極めて高かった基部Iは93.3%、先端部VIIIは94.3%、その他の何れの位置も90%以上の受精率を示し、莢の両端部に頻発する不稔種子は受精によるものでなく、受精後の異常に起因するものであることが明確にされた。

(10) コンモン・ベッチ

7粒胚珠子房50個、観察胚珠350個の内受精胚珠は342個で、受精率は極めて高く97.7%であり、各位置についても基部Iは94.0%、先端部VIIは98.0%で他の位置と比較して大差は認められず、両端部に頻発する不稔種子は豌豆と同様受精によるものでないことが明確にされた。

(11) ヘアリー・ベッチ

7粒胚珠子房50個、観察胚珠350個の内受精胚珠は288個で、受精率は82.3%を示し、各位置についても基部Iは82.0%、先端部VIIは84.0%で他の位置に比べて大差なく、豌豆、コンモン・ベッチと同様の結果が得ら

第38表 受精率 (8粒胚珠子房105個, 白花絹莢, 1954)

Table 38. Relation between position of ovule in ovary and ovule fertility. (105 eight-ovuled ovaries examined, 1954)

胚 珠 Ovules	胚珠の着生位置 Position of ovule in ovary								計 Tot.
	(基) I (Base)	II	III	IV	V	VI	VII	VIII(先) (Apex)	
全 観 察 数 No. of total ovules observed	105	105	105	105	105	105	105	105	840
受 精 胚 珠 { 観 察 数 No. Fertilized ovules { %	98 93.3	98 93.3	101 96.2	101 96.2	101 96.2	101 96.2	99 94.3	99 94.3	798 95.0
不 受 精 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized ovules { %	7 6.7	7 6.7	4 3.8	4 3.8	4 3.8	4 3.8	6 5.7	6 5.7	42 5.0
不 受 精 正 常 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized (but normal) ovules { %	4 3.8	5 4.8	1 1.0	0 0	3 2.9	1 1.0	1 1.0	1 1.0	16 1.9
異 常 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized (but ab- normal) ovules { %	3 2.9	2 1.9	3 2.9	4 3.8	1 1.0	3 2.9	5 4.8	5 4.8	26 3.1

* 豌豆 Pea.

第39表 受精率 (7粒胚珠子房50個, 1955)

Table 39. Relation between position of ovule in ovary and ovule fertility. (50 seven-ovuled ovaries examined, 1955)

胚 珠 Ovules	胚珠の着生位置 Position of ovule in ovary							計 Tot.
	(基) I (Base)	II	III	IV	V	VI	VII(先) (Apex)	
全 観 察 数 No. of total ovules observed	50	50	50	50	50	50	50	350
受 精 胚 珠 { 観 察 数 No. Fertilized ovules { %	47 94.0	47 94.0	50 100.0	49 98.0	50 100.0	50 100.0	49 98.0	342 97.7
不 受 精 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized ovules { %	3 6.0	3 6.0	0 0	1 2.0	0 0	0 0	1 2.0	8 2.3
不 受 精 正 常 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized (but normal) ovules { %	2 4.0	1 2.0	0 0	1 2.0	0 0	0 0	0 0	4 1.1
異 常 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized (but ab- normal) ovules { %	1 2.0	2 4.0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 2.0	4 1.1

* コモン・ベッチ Common vetch.

れた。

1粒莢作物について包含受精胚珠数により観察子房を類別した結果, 受精胚珠1粒のみを有する子房は赤クローバー: 41.9%, ハンガリアン・クローバー: 46.3%, クリムソン・クローバー: 68.8%, サブ・クローバー: 27.4%, キドニー・ベッチ: 17.3%, スイート・クローバー: 12.0%であった。これらの子房は受精の時既に1粒化が確定したものである。

しかるに2粒胚珠共受精を完了していた子房は赤クローバー: 29.4%, ハンガリアン・クローバー: 14.6%, クリムソン・クローバー: 28.1%, サブ・クローバー: 64.5%,

キドニー・ベッチ: 77.3%みられ, スイート・クローバーでは受精胚珠4粒を有する子房: 38.0%, 3粒受精子房: 28.0%, 2粒受精子房: 22.0%が観察された。これらの作物の成熟莢は僅かの例外を除き大部分は1粒莢を形成するものであるから, 正常発育する1粒以外の他の受精胚珠は爾後の発育過程における異常即ち胚の退化と考えられる。

供試各作物について胚珠の着生位置による受精率の差異を認め得なかったことは, 赤クローバー等1粒莢を形成する数作物において示す高い基部胚珠の不稔, 並びに豌豆等多粒莢を形成する数作物においてみられた莢の両

第40表 受精率 (7粒胚珠子房50個, 1955)

Table 40. Relation between position of ovule in ovary and ovule fertility. (50 seven-ovuled ovaries examined, 1955)

胚 珠 Ovules	胚珠の着生位置 Position of ovule in ovary							計 Tot.
	(基) I (Base)	II	III	IV	V	VI	VII(先) (Apex)	
全 観 察 数 No. of total ovules observed	50	50	50	50	50	50	50	350
受 精 胚 珠 { 観 察 数 No. Fertilized ovules { %	41 82.0	40 80.0	41 82.0	39 78.0	42 84.0	43 86.0	42 84.0	288 82.3
不 受 精 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized ovules { %	9 18.0	10 20.0	9 18.0	11 22.0	8 16.0	7 14.0	8 16.0	62 17.7
不 受 精 正 常 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized (but normal) ovules { %	6 12.0	7 14.0	2 4.0	6 12.0	4 8.0	1 2.0	2 4.0	28 8.0
異 常 胚 珠 { 観 察 数 No. Non-fertilized (but abnormal) ovules { %	3 6.0	3 6.0	7 14.0	5 10.0	4 8.0	6 12.0	6 12.0	34 9.7

* ヘアリー・ベッチ Hairy vetch.

端部の不稔類発等は、受精の失敗に由来するものでなく受精後の胚の退化によって惹起される現象であることが明確にされた。

2. 胚珠の異常に基づく不稔種子

受精の調査により作物によっては高い不受精率を示すものがあり、とくに赤クローバーは49.6%、ハンガリアン・クローバーは62.2%の胚珠が不受精であった。不受精の原因には胚嚢形成過程の欠陥による胚珠の異常と、正常胚珠の花粉管未到達による機会的な不受精とがあることは既に述べたが、これらの不受精の原因が夫々果す役割を作物毎に究明し、異常胚珠については正常胚珠の胚嚢形成と比較して細胞学的な観察を行なった。

完成された胚嚢は供試各作物につき形の大小はあるが

内容、形態は大体同様であるので、赤クローバーにつき記述する。赤クローバーの胚嚢は開花当日既に完成された形で受精を待っている。胚嚢は珠心内に縦に細長く形成され、珠孔部に近い一端にリング状の卵細胞があり、その両側に洋梨形の助細胞2個が卵細胞をはさんだ形で存在する。極核は2個融合した形、或いは融合前の接触した状態で卵装置の直下に放射状の細胞質に埋まっている。胚嚢形成過程で一旦胚嚢のカラザ側に配置された反足細胞3個は、開花当時既に崩潰して姿を消している。これに反して異常胚珠では、胚嚢形成が失敗して珠心は総て珠心組織で満されているか、或いは形成失敗の胚嚢の残骸が珠心組織内に痕跡を残しているものもある(写真3, 4, 13, 15, 16参照)。

第41表 異常胚珠の出現率 (年度別)

Table 41. Percentage of abnormal ovules. (Years)

年 度 Years	全観察子房 Total ovaries observed	正常胚珠2粒を有する子房 Ovaries, having two normal ovules	正常・異常胚珠各1粒を有する子房 Ovaries, having each one normal and abnormal ovule	異常胚珠2粒を有する子房 Ovaries, having two abnormal ovules	全異常胚珠全胚珠×100 No. of total abnormal ovules / No. of total ovules observed × 100
1951 { 観察数 No. %	72	44 61.1	21 29.2	7 9.7	24.3
1952 { 観察数 No. %	147	92 62.6	45 30.6	10 6.8	22.1
1954 { 観察数 No. %	165	69 41.8	81 49.1	15 9.1	33.6
計 { 観察数 No. Tot. { %	384	205 53.4	147 38.3	32 8.3	27.5

* 赤クローバー Red clover.

第42表 異常胚珠の出現率 (株別, 1954)

Table 42. Percentage of abnormal ovules. (Plants, 1954)

株 Plants	全観察子房 Total ovaries observed	正常胚珠2粒 を有する子房 Ovaries, having two normal ovules	正常・異常胚珠各 1粒を有する子房 Ovaries, having each one normal and abnormal ovule	異常胚珠2粒 を有する子房 Ovaries, having two abnormal ovules	$\frac{\text{全異常胚珠}}{\text{全胚珠}} \times 100$ No. of total abnormal ovules No. of total ovules observed $\times 100$
No.1 { 観察数 No. % %	33	13 39.4	17 51.5	3 9.1	34.8
No.2 { 観察数 No. % %	33	11 33.3	19 57.6	3 9.1	37.9
No.3 { 観察数 No. % %	33	7 21.2	20 60.6	6 18.2	48.5
No.4 { 観察数 No. % %	33	21 63.6	9 27.3	3 9.1	22.7
No.5 { 観察数 No. % %	33	17 51.5	16 48.5	0 0	24.2
計 { 観察数 No. Tot. { % %	165	69 41.8	81 49.1	15 9.1	33.6

* 赤クローバー Red clover.

第43表 異常胚珠の出現率 (1956)

Table 43. Percentage of abnormal ovules. (1956)

	全観察子房 Total ovaries observed	正常胚珠2粒 を有する子房 Ovaries, having two normal ovules	正常・異常胚珠各 1粒を有する子房 Ovaries, having each one normal and abnormal ovule	異常胚珠2粒 を有する子房 Ovaries, having two abnormal ovules	$\frac{\text{全異常胚珠}}{\text{全胚珠}} \times 100$ No. of total abnormal ovules No. of total ovules observed $\times 100$
観察数 No. %	70	25 35.7	44 62.9	1 1.4	32.9

* ハンガリアン・クローバー Hungarian clover.

この様な異常胚珠は受精すべき卵細胞、極核が形成されないものであるから、当然受精機能を持たず、如何に多数の有効花粉が柱頭に付着しても開花当日既に不稔種子となるべき運命が決定されているものである。かかる異常胚珠は供試した総ての作物に多少共見出されたが、とくにその出現の甚だしいのは赤クローバー、ハンガリアン・クローバー、スイート・クローバーであり、受精の調査においても夫々30.4%、32.9%、22.0%見出された。赤クローバーの異常胚珠の出現はMARTIN (1914)も既に認めているところであるが、かかる異常胚珠の出現が特殊な環境、とくに年度によって多く出現するものか、または特定の株のみに出現するものかを明らかにするため年度別、株別の調査を行なった。結果は第41、42表に示す如く1951、1952、1954年の3年間の異常胚珠出現率は夫々24.3%、22.1%、33.6%で殆んど大差なく、また5

株を用いての調査も34.8%、37.9%、48.5%、22.7%、24.2%を示し、多少の数値の差異はあっても調査各年度、各株において20%以上の出現率を示し、赤クローバーにおける異常胚珠の出現は常時普通に起ることが確認された。したがって赤クローバー、ハンガリアン・クローバー、スイート・クローバーにおいては、異常胚珠の不稔種子形成に果す役割は極めて大きいものといえよう。

その他の作物ではクリムソン・クローバー:6.8%、サブクローバー:6.0%、キドニー・ベッチ:4.7%、アルサイク・クローバー:7.3%、白クローバー:10.9%、豌豆:3.1%、コンモン・ベッチ:1.1%、ヘアリー・ベッチ:9.7%が観察されたが、何れも1割以下であり、不稔種子形成にそれほど大きな役割を果しているものとはいえない。

3. 正常胚珠の不受精に基づく不稔種子

正常胚珠とは外観上完全な胚嚢が形成され、受精能力

ありと認定されたものをいう。かかる胚珠は充分なる有効花粉があった場合当然受精を完了する筈であるが、本実験では自家不稔性作物には人工他家授粉を施し、或いは人工 tripping を施したにもかかわらず結果的には作物によりかなりの出現を見るに至った。例えば赤クローバー：19.2%，ハンガリアン・クローバー：29.3%，クリムゾン・クローバー：30.7%，サブ・クローバー：15.7%，白クローバー：15.5% が観察された。これらの作物に対しては人工授粉操作上の失敗によるものと思われる。

その他の作物では正常胚珠の不受精は概して少なく、キドニー・ベッチ：9.3%，スイート・クローバー：5.0%，アルサイク・クローバー：3.2%，豌豆：1.9%，コンモン・ベッチ：1.1%，ヘアリー・ベッチ：8.0% であった。

一般に有効花粉の受粉が充分であればこの種の不受精胚珠の出現は少ないものであり、例えば自家稔性で昆虫の飛来がなくても自花内で葯が裂開し、自動的に自花花粉を受粉する豌豆、コンモン・ベッチ等は夫々1.9%，1.1% という極めて低い出現率であり、その他でも僅か1割以内を示すに止った。

(III) 考 察

各作物につき受精の検定を行なった結果、子房内の胚珠の着生位置により受精の優劣差は認められなかった。したがって1粒莢作物にみられた基部胚珠の高い不稔率および多粒莢作物でみられた莢の両端部に頻発する不稔は受精の有無によるものでなく、受精後の発育過程における胚の発育停止、即ち胚の退化によるものであることが明確にされた。

1粒莢作物において、2粒或いはそれ以上の胚珠が受精していた例が多数見出され、とくにスイート・クローバーでは包含4粒胚珠全部受精していた例が38.0%も観察されたことは、1粒化の現象が単に受精の不十分のみによって惹起されるものでなく、2粒共に受精した場合でも、爾後の胚発育過程で何れか一方のみが正常に発育し他方は発育を停止することにより1粒莢を生成するものであることを明確に立証した。

受精のためには有効花粉の受粉が必要であり、自家不稔性作物ではそのための花粉媒介者の来訪が欠くべからざるものであることは既に知られており、とくに赤クローバーについては蜂類が受精に果す役割の重大なることが認められ、これに関しては DARWIN (1916)、江原 (1950) 末次及び松本 (1950)、山田及び江原 (1952) の詳細な報告がある。

しかるに如何に充分な受粉が行なわれても、胚嚢形成不完全な異常胚珠は開花当時既に受精機能を失なってい

るものであり、かかる異常胚珠の存在は供試各作物で認められた。とくに出現の甚だしかったのは赤クローバーハンガリアン・クローバー、スイート・クローバーでありこれらの作物では異常胚珠が不受精現象に果す役割は重大なものであることが認められ、さらに赤クローバーでは年度、株の別なく常時相当数の異常胚珠が確認された。2粒胚珠子房で、包含する2粒の内1粒が異常胚珠の場合でも、一方の正常胚珠が受精し、稔実化すれば子房は1粒莢を形成出来るが、胚珠2粒共異常胚珠では子房はけっして莢に発達することは出来ず、この様な子房は赤クローバー、ハンガリアン・クローバー等で見出された(第41-43表参照)。

正常胚珠で受精の機会を得られなかったものが本実験過程で観察されたが、これらは授粉操作に欠陥があったものと思われ、充分な有効花粉の受粉により受精の機会が与えられるものとする。

V. 胚の退化に起因する不稔種子

供試作物では成熟莢の特定の位置に不稔種子の多発する現象が認められ、しかも受精の調査により、かかる不稔種子の多くは受精の失敗よりむしろ受精後の胚珠の発育異常、即ち胚の退化によることが明確にされた。ついでこれら受精後の胚珠の発育停止が胚発育過程の如何なる時期に、どの様な様相で起るかを追究するためこの実験を企画した。

(I) 胚発生学的観察

胚の退化の様相を解明する最も適確な方法は、顕微鏡による胚発生学的観察である。それには夫々の作物固有の正常な胚発生が基礎になる。マメ科作物の胚発生については GURLEY (1931)、COOPER, D. C. (1933, 1938)、COOPER, G. O. (1938)、HAYWARD (1938) 等の報告があるが、アルファルファ、スイート・クローバー、豌豆等の少数作物について行なわれているのみで、その他の作物では明確にされていないものが多い。それで本実験では最初に各作物に関する正常な胚発生のシリーズを作成しそれとの比較のもとに、胚の発育が遅延してゆく状態並びに発育停止の時期を明らかにした。

1. 実験方法

正常な胚発生シリーズを作成するには、開花(受粉)後24時間毎に材料を採取し、固定した。正常なものに比較し胚の発育が遅れている胚珠(発育遅延胚珠と略称)は、小さい内は子房のまま切断して他の正常なものと比較観察出来るが、子房が大きくなると切り難いので、予め子房を切り開き、同一子房内の他の正常発育胚珠に比べて

形の小さい胚珠を取出し、子房内の着生位置別に固定した。1粒莢作物は概して胚珠が小さいので、最後まで子房のまま切片を作った。発育遅延胚珠は、同一発育時期の正常胚珠の胚発育と比較して遅れの程度をあらわした。材料は総て顕微鏡下で観察された。

2. 実験結果

(1) 正常な胚発生

開花(受粉)後各時期別の胚発育の状態を第44表に示した。供試マメ科作物の胚発生はその特徴により次の3グループに分けることが出来る。

第44表 正常胚の胚発生
Table 44. Normal embryonal development.

開花(受粉) 後日数 Date after flowering	作物名 Plants			
	赤クローバー Red clover	白クローバー White clover	アルサイク・クローバー Alsike clover	ハンガリアン・クローバー Hungarian clover
24 時間 24 hrs.	前胚分裂期 Proembryo formation	—	—	—
48 時間 48 hrs.	同 上	前胚分裂期 Proembryo formation	前胚分裂期 Proembryo formation	前胚分裂期 Proembryo formation
3 日 3rd day	組織原分化期 Dermatogen differentiation	同 上	同 上	同 上
4 日 4th day	子葉分化期 Cotyledon differentiation	同 上	同 上	同 上
5 日 5th day	子葉伸長期 Cotyledon elongation	組織原分化期 Dermatogen differentiation	組織原分化期 Dermatogen differentiation	同 上
6 日 6th day	同 上	子葉分化期 Cotyledon differentiation	子葉分化期 Cotyledon differentiation	組織原分化期 Dermatogen differentiation
7 日 7th day	初葉分化期 1st leaf differentiation	同 上	同 上	子葉分化期 Cotyledon differentiation
開花(受粉) 後日数 Date after flowering	作物名 Plants			
	クリムソン・クローバー Crimson clover	サブ・クローバー Subterranean clover	キドニー・ベッチ Kidney vetch	スイート・クローバー Sweet clover
24 時間 24 hrs.	—	—	—	—
48 時間 48 hrs.	前胚分裂期 Proembryo formation	前胚分裂期 Proembryo formation	前胚分裂期 Proembryo formation	前胚分裂期 Proembryo formation
3 日 3rd day	同 上	同 上	同 上	同 上
4 日 4th day	組織原分化期 Dermatogen differentiation	同 上	同 上	同 上
5 日 5th day	子葉分化期 Cotyledon differentiation	組織原分化期 Dermatogen differentiation	同 上	同 上
6 日 6th day	同 上	子葉分化期 Cotyledon differentiation	組織原分化期 Dermatogen differentiation	組織原分化期 Dermatogen differentiation
7 日 7th day	子葉伸長期 Cotyledon elongation	同 上	子葉分化期 Cotyledon differentiation	同 上

開花(受粉)後日数 Date after flowering	作物名 Plants		
	豌豆 Pea	コンモン・ベッチ Common vetch	ヘアリー・ベッチ Hairy vetch
24 時間 24 hrs.	前胚分裂期 Proembryo formation	前胚分裂期 Proembryo formation	— —
48 時間 48 hrs.	同上	同上	前胚分裂期 Proembryo formation
3 日 3rd day	組織原分化期 Dermatogen differentiation	同上	同上
4 日 4th day	子葉分化期 Cotyledon differentiation	同上	同上
5 日 5th day	同上	組織原分化期 Dermatogen differentiation	同上
6 日 6th day	子葉伸長期 Cotyledon elongation	子葉分化期 Cotyledon differentiation	組織原分化期 Dermatogen differentiation
7 日 7th day	初葉分化期 1st leaf differentiation	同上	子葉分化期 Cotyledon differentiation

A. 赤クローバー型

赤クローバー, 白クローバー, アルサイク・クローバー
ハンガリアン・クローバー, クリムソン・クローバー,
サブ・クローバー, キドニー・ベッチ。

B. スイート・クローバー型

スイート・クローバー。

C. 豌豆型

豌豆, コンモン・ベッチ, ヘアリー・ベッチ。

これらのグループ間の差異は, 発生初期の前胚分裂期における胚柄分化の状態にあるのであって, 胚そのものの発生に差異があるのではない。即ち各グループの代表作物についての胚発生を次に記述する。

A. 赤クローバー

接合子は通常第1回目の横分裂により2細胞になり, ついで基部細胞は再び横分裂, 先端細胞は縦分裂により4細胞を形成する。先端細胞が前胚となって爾後の胚発生の基礎となり, 基部細胞は数度の分裂を繰返すが, やがて中止して短かい胚柄を形成する。前胚は分裂を続け球状の胚球を形成する。この時期が組織原分化期である。やがて珠孔部と反対側の胚球の一面が両横に突起してハート形を形成する。この時期が子葉分化期であり, 両横の突起部分はやがて子葉に発達する。突起部分の伸長する時期が子葉伸長期である。この時期が進むと両子葉の付け根の間の部分に小突起が生ずる。これは将来第一本葉となるもので, この時期を初葉分化期と称す。若

い胚は分裂を続けてやがて成熟胚を形成する(写真6-9参照)。

B. スイート・クローバー

接合子は横分裂により3~4細胞よりなる縦列の細胞群を形成する。その先端細胞が前胚を形成する。基部の細胞群は胚柄を形成するが, 数度の横分裂を繰返して伸長し, 前胚を珠孔部端と胚囊彎曲部との中間位にまで押し出す。前胚はその位置で分裂を続け, 組織原分化期, 子葉分化期に入りやがて成熟胚を形成する(写真10-12参照)。

C. 豌豆

接合子は横分裂により縦列の細胞群を形成し, 先端細胞が前胚を, 基部細胞が胚柄を形成することはスイート・クローバーと同様であるが, 異なる点は胚柄の伸長が旺盛で前胚は胚囊彎曲部まで押し出されることと, 前胚と接触する胚柄の一部が風船状にふくれ, その基部は細長い管状の胚柄になることである。前胚は押し出されてからその位置で分裂を続け, 組織原分化期, 子葉分化期を経てやがて成熟胚に発達する(写真19-24参照)。

その他の供試作物の胚発生は, 發育速度に多少の差異はあっても, 形態上は各グループ内で共通であった。

(2) 1粒莢作物における1粒化確定時期とその様相

1粒莢作物で, 2粒胚珠共受精し乍ら, 一方のみが發育して1粒莢を形成する1粒化の確定する時期は何時頃であろうか, そしてどの様な経過をたどるものであろう

かを明確にするため、子房内の受精胚珠2粒間の發育状態を比較検討した。その詳細を赤クローバーの例で説明する。

受粉後24時間——接合子は第1回、または2回目の分裂を終り、2乃至4個の細胞を形成していた。同一子房内の受精胚珠2粒間には發育の差異は殆んどみられなかった。

受粉後48時間——受精胚珠2粒間には僅かに發育の差異が認められた。即ち正常な場合の前胚は10乃至30個位の細胞が縦断面で数えられたが、一方の胚珠ではこれより遅れた状態の小形の前胚を有していた。

受粉後3日——受精胚珠2粒間に發育の差異がはっきりあらわれた。即ち正常な前胚は組織原分化期に入り、球状を呈し、縦断面で50~100個の細胞が数えられる程に發育が進んでいるが、一方の胚珠では前胚の發育緩慢で發育を停止したかの如き様相を示し、甚だしい場合は前胚の細胞は空胞化し、核は豊満な球形を失い不規則形を示して崩潰の徴候を呈していた。この両胚珠間では、前胚のみならず胚珠自体の大きさにも判然と差が認められた(写真2, 5参照)。

受粉後4日——正常胚は子葉分化期に入りハート形を呈し、胚珠は益々肥大して子房内に拡がっているのに対し、一方の胚珠は崩潰の程度が進行して求心的に収縮を起し、そのため外珠皮は局部的に陥没して不規則形を呈し、最早發育を停止したことは判然としていた。

受粉後5日——正常胚は子葉伸長期に入り胚珠は子房内一杯に充満しているのに対し、一方の胚珠は子房内壁に押しつけられた形で、前胚その他の内部構造が識別し得ぬ程に崩潰の程度は進行していた。

以上の観察結果より、赤クローバーでは受精後の前胚分裂期に既に受精胚珠2粒間の發育の差が認められ、その後両者間の差は益々ひろき、子葉分化期に至れば最早1粒化は決定的なものとなっていることが確認された。その他の1粒莢作物、即ちハンガリアン・クローバー、クリムソン・クローバー、サブ・クローバー、キドニー・ベッチ、スイート・クローバーにおいても1粒化の様相は全く赤クローバーと同様で、同一子房内の受精胚珠間に發育の差が認められるのは前胚分裂期の頃からで、組織原分化期にはその差が益々ひろき、子葉分化期までには1粒化が確定していた。

1粒莢作物の多くは基部胚珠に不稔率の高い現象が認められたが、受精の調査により受精率は子房内着生位置により差のないことが確認された。したがって基部胚珠の高い不稔率を左右するものは受精後の胚の退化であろうことが推定され、この辺の事情を明らかにするため、赤クローバーを用い、受粉後48時間の子房内の受精胚珠2粒間について、胚の發育の差を位置別に比較検討した。

結果は第45表に示す如く、供試子房55個の内基部胚珠の胚發育優勢のもの25.5%、先端部胚珠が優勢のもの61.8%、両者同一のもの12.7%であった。この結果より前胚分裂期の胚發育は、先端部胚珠が優勢の場合が多いことが確認され、この差が組織原分化期に持越されれば当然先端部胚珠の稔実化する機会が多くなるものと思われる。先端部胚珠優勢の原因となるものは、その位置が花柱に近いことにより、基部胚珠に先んじて受精の完了する機会が多く、したがって分裂の開始時期も基部胚珠より早いために競合に打勝つものではないかと考えられる。

第45表 同一子房内の受精胚珠2粒間の胚發育の差異 (1954)

Table 45. Difference of embryonal development between apical ovule and basal one in ovary. (1954)

	胚發育の差異 Difference of embryonal development			計 Tot.
	基部胚珠優勢 Basal ovule is prior to apical	先端部胚珠優勢同一 Apical ovule is prior to basal	同一 No. difference between both ovules	
子房数 No. of ovaries observed	14	34	7	55
%	25.5	61.8	12.7	100.0

* 赤クローバー Red clover.

(3) 多粒莢作物における英の両端部胚珠の發育停止時期とその様相

受精の調査により、両端部に頻発する不稔種子の大部

分は胚の退化に起因することが判ったので、つぎに胚が發育停止する時期並びに退化の様相を明らかにすべく観察を行なった。

豌豆の發育遲延胚珠の出現を開花後5日、10日、15日の各時期別に調査した結果は第46表に示す如く、開花後5日にして既に發育遲延の徴候があらわれ、しかもその出現は莢の両端部において特に甚だしかった。その傾向は10日、15日後も全く同様で、よって莢の両端部の不稔種子多発の前徴は開花後の極く初期に既にあらわれていることが判った。

これらの發育遲延胚珠の胚の發育程度を示したのが第47表である。胚の發育程度をあらわすには、それが正常胚発生の開花後何日に相当するかを以て示した。開花後5日の例を説明すれば、供試莢数は8粒胚珠莢62個、全胚珠(原基)数は496個で、その内の407個は正常發育胚珠で、残りの89個(17.9%)が發育遲延胚珠であった(第46表参照)。89個の發育遲延胚珠の内23個(25.8%)は不

受精であったが、この数値は全観察胚珠数496個に対しては4.6%の不受精率であった。残りの41個(46.1%)は開花後4日、21個(23.6%)は開花後3日、3個(3.4%)は開花後48時間、1個(1.1%)は開花後24時間の正常胚の發育程度に相当していた。したがって發育遲延胚珠といっても大部分は開花後3日、4日の極く僅かの遅れを示すに止った。開花後10日の例では、發育遲延胚珠の大部分は開花後5日、6日、7日の發育程度を示し、正常發育胚珠(開花後10日)との差異がややはっきりしてきた。開花後15日の例では10日の例と同様の傾向で、發育遲延胚珠の大部分は開花後5日、6日、7日の發育程度に止っており、正常發育胚珠(開花後15日)との差異は益々はっきりしてきた。しかもこの時期の發育遲延胚珠では胚を構成する細胞は最早生活機能を持たぬ程に崩潰し、完

第46表 發育遲延胚珠の着生位置別出現率 (白花絹莢, 1954)

Table 46. Relation between position of ovule in pod and percentage of undeveloped ovules. (Shirohana-Kinusaya, 1954)

開花後(莢数) Date after flowering (No. of pods)	胚珠の着生位置 Position of ovule in pod									計 Tot.
	(基) I (Base)	II	III	IV	V	VI	VII	VIII(先) (Apex)		
5日 5th day (62) { 観察数 No. of ovules observed % }	38	13	4	4	4	5	7	14	89	
	61.3	21.0	6.5	6.5	6.5	8.1	11.3	22.6	17.9	
10日 10th day (63) { 観察数 No. of ovules observed % }	37	20	3	3	4	3	2	21	93	
	58.7	31.7	4.8	4.8	6.3	4.8	3.2	33.3	18.5	
15日 15th day (58) { 観察数 No. of ovules observed % }	25	14	4	4	5	5	8	20	85	
	43.1	24.1	6.9	6.9	8.6	8.6	13.8	34.5	18.3	

* 豌豆 Pea.

第47表 發育遲延胚珠の胚の發育程度 (白花絹莢, 1954)

Table 47. Embryonal development of undeveloped ovules, being compared to normal embryogeny. (Shirohana-Kinusaya, 1954)

開花後 Date after flowering	観察数 No. of ovules observed %	胚の發育程度 Embryonal development									計 Tot.
		不受精 Non-fertilized	開花後 24時間 相当 24 hrs. growth	48" 48 hrs. growth	3日 3rd day growth	4日 4th day growth	5日 5th day growth	6日 6th day growth	7日 7th day growth	8日以降 Over 8th day growth	
5日 5th day	23	1	3	21	41						89
	25.8	1.1	3.4	23.6	46.1						100.0
10日 10th day	33			4	6	11	23	15	1		93
	35.5			4.3	6.5	11.8	24.7	16.1	1.1		100.0
15日 15th day	27			1	2	10	21	18	6		85
	31.8			1.2	2.4	11.8	24.7	21.2	7.1		100.2

* 豌豆 Pea.

第48表 発育遅延胚珠の胚の発育程度 (1955)

Table 48. Embryonal development of undeveloped ovules, being compared to normal embryogeny. (1955) : 〃

開 花 後 Date after flowering		胚 の 発 育 程 度 Embryonal development							計 Tot.
		不受精 Non- fertilized	開 花 後 24 ~ 48 時間相当 24-48 hrs. growth	3~4 日相当 3rd-4th day growth	5~6 " " 5th-6th day growth	7~8 " " 7th-8th day growth	9~10 " " 9th-10th day growth	11日以降 該 Over 11th day growth	
10日10th day	観察数 No. of ovules observed	3	1	4	20	45	3		76
	%	3.9	1.3	5.3	26.3	59.2	3.9		99.9
20日20th day	観察数 No. of ovules observed	2	0	7	18	27	14	13	81
	%	2.5	0	8.6	22.2	33.3	17.3	16.0	99.9

* コンモン・ベッチ Common vetch.

全に発育を停止したものと思われた(写真17, 18参照)。

コンモン・ベッチでも豌豆と全く同様の傾向で、第48表に示す如く、発育遅延胚珠の大部分は開花後7日前後の発育程度でその発育を停止していることが明らかにされた。

豌豆並びにコンモン・ベッチにおける開花後5~7日頃の胚発生は組織原分化期より子葉分化期、子葉伸長期に入る段階であり、胚の初期生育よりこの時期に至るまでが最も影響を受け易いということがいえよう。結局胚発生学的観察により、成熟期に見出される不稔種子は、不受精の場合を除き、その大部分は受精後の極く初期即ち前胚分裂期より発育遅延の形であられ、子葉分化、子葉伸長期に至ってその発育を停止するものであることが明らかにされた。

(II) 乾燥重量の比較

成熟期に見出される不稔種子は外形、重量等により稔実種子と区別し得るが、その外形はかなり大形のものより極めて微細なるものに至るまで種々なる段階のものが

みられる。しかも微細なるものがその大部分を占めているのが実状である。したがって不稔種子の大部分は発育の或る段階までに発生するものと思われるので、成熟期に得られた不稔種子の乾燥重量を、正常発育中の各段階別の胚珠の乾燥重量と比較することによって、発育を停止した時期の大略を推定せんと試みた。

1. 実験方法

供試作物には種子が大形で重量比較の容易な豌豆、コンモン・ベッチを用いた。

材料は開花後5日毎の正常発育胚珠50個宛と、成熟期に10株の全着生莢より得られた全不稔種子とを用いた。

豌豆では風乾後、デシケーター内に3カ月間貯蔵の後トーションバランスで各粒重を秤量した。コンモン・ベッチでは105°Cの乾燥器で3時間乾燥の後秤量した。

2. 実験結果

正常発育胚珠の時期別乾燥重量は第13, 14図に、不稔種子の乾燥重量は積算頻度で第49, 50表に示した。

豌豆の例により説明すれば、不稔種子821粒の内705

第49表 不稔種子の乾燥重量の変異 (白花絹莢, 供試821粒, 1954)

Table 49. Variation of aborted seeds with respect to dry weight. (Shirohana-Kinusaya, 821 aborted seeds examined, 1954)

	乾 燥 重 量 Dry weight							
	1 mg以下 Under 1 mg	4 mg以下 Under 4 mg	7 mg以下 Under 7 mg	10mg以下 Under 10mg	50mg以下 Under 50mg	100mg以下 Under 100mg	150mg以下 Under 150mg	200mg以下 Under 200mg
不稔種子数 No. of aborted seeds	705	742	751	757	760	769	808	821
積算頻度 (%)	85.9	90.4	91.5	92.2	92.6	93.7	98.4	100.0

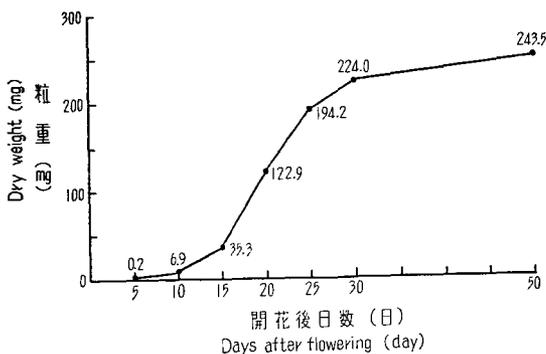
* 豌豆 Pea.

第50表 不稔種子の乾燥重量の変異 (供試 1081 粒, 1955)

Table 50. Variation of aborted seeds with respect to dry weight. (1081 aborted seeds examined, 1955)

	乾 燥 重 量 Dry weight					
	1 mg以下 Under 1 mg	4 mg以下 Under 4 mg	10mg以下 Under 10mg	20mg以下 Under 20mg	30mg以下 Under 30mg	40mg以下 Under 40mg
不稔種子数 No. of aborted seeds	950	1052	1066	1074	1080	1081
積算頻度 (%)	87.9	97.3	98.6	99.4	99.9	100.0

* コンモン・ベッチ Common vetch.

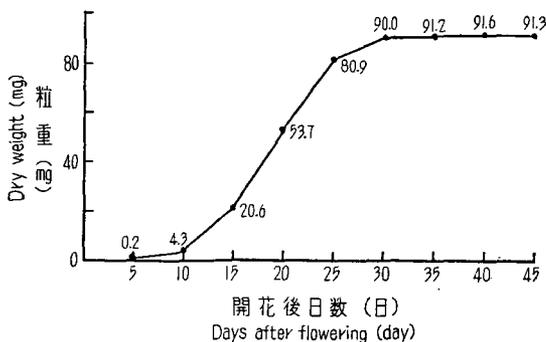


第13図 正常發育胚珠の乾燥重量 (50粒平均, 1954) * 豌豆

Fig. 13. Variation of dry weight of normally growing ovules with respect to days after flowering.

(Average dry weight of 50 grains, 1954)

* Pea.



第14図 正常發育胚珠の乾燥重量 (50粒平均, 1955) * コンモン・ベッチ

Fig. 14. Variation of dry weight of normally growing ovules with respect to days after flowering.

(Average dry weight of 50 grains, 1955)

* Common vetch

粒 (85.9%) は 1 mg に満たない微粒であり, 1 mg なる重量は第13図によれば開花後1週間位の正常發育胚珠の重量である。また開花後10日の重量6.9 mg に満たない不稔種子は751粒 (91.5%) であり, したがって成熟期に見出される不稔種子の大部分はこの時期までに発生するものであることが推定された。コンモン・ベッチでも同様の傾向で, 1 mg に満たない微粒が87.9%, 開花後10日の正常發育胚珠の重量4.3 mg に満たない不稔種子が97.3% 見出された。

以上の結果より, 不稔種子の大部分は, 開花後10日以前の極く初期の段階にその發育を停止していることが推定され, 既述の胚發生学的觀察結果と併を一にし, 別な観点よりこれを立証したものといえよう。

(III) 考 察

1粒莢作物において子房内2粒或いはそれ以上の包含胚珠の内1粒のみが發育して1粒莢を形成するには, 他の胚珠が不受精に起因するものの外, たとえ受精を完了していても1粒以外は不稔となることは受精の調査により明らかとなった。かかる受精後の胚の退化が發育過程の如何なる時期にどの様な状態で起るものかを究明したが, 胚發生学的觀察により, 1粒莢では受精後の前胚分裂期に2粒間の一方に發育遅延の徴候があらわれ, 子葉分化期頃までは1粒以外の総ては退化して1粒化が確定することが明確になった。しかも前胚分裂期より組織原分化期に至る頃に胚珠の急激な發育がみられ, ために2粒間に競争が起り, 一方が打勝って他方を圧するため非常に早期に1粒化が確定するものである。この2粒間の發育の差異については先端部胚珠の優勢の場合が多くこの原因は, 花柱に近い位置にあるため受精並びに前胚分裂期入るのが基部胚珠より早いためではないかと推定された。このことは不稔種子の莢内着生位置の調査で基部胚珠不稔の例が多かったことを裏付ける論拠となるであろう。

多粒莢作物では成熟期に大小種々の不稔種子がみられるが、多くは非常に微細な構造をもつ微粒からなっており、しかも豌豆、コンモン・ベッチ等では莢の両端部に特に頻発する現象も認められた。かかる微粒は従来往々にして不受精と見誤られ、豌豆においては井上(1955)の報告があるが、受精の調査によればこれら微粒の多くは受精後の胚の退化によるものであることは明らかである。したがってこれらの微細な不稔種子が発育過程の如何なる時期に発生するものかを明らかにするため胚発生学的観察を行なった。

豌豆では受精後の極く初期から発育遅延の形であらわれ、開花後1週間位の発育状態で胚が退化する例の多いことが認められ、コンモン・ベッチでも同様の傾向を示していた。また、乾燥重量の比較によっても不稔種子の多くは開花後10日以前の発育状態で停止していることが認められ、胚発生学的観察と帰を一にした結果が得られた。この時期は胚発生上、子葉分化期から初葉分化期に至る間であり、既述の1粒莢作物における1粒化確定の時期、即ち子葉分化期までに起ることと関連して、受精後の胚の発育過程においても敏感に影響をうけ易いのはこの時期であろうと思考される。

1粒莢作物では成熟莢の殆んどが1粒莢で、2粒莢の出現は極く稀にしか見られないため、胚珠の受精の有無に拘わらずかかる現象は作物固有のものと考えられるが多粒莢作物では莢の両端部胚珠といえども稔実種子に発達する例が屢々あり、また子房内の全胚珠が稔実化する所謂完全莢も時折みられる。しかも開花初期、盛期に比べて開花終期の莢に不稔率が高い現象が豌豆で認められていることから、受精後の胚の退化は植物体の栄養状態によって起るものでなからうかと推定される。栄養上の問題としては、特定成分の過不足による不均衡と、水分を含めた養分の絶対量の不足とが考えられる。

これに関し、加藤、坂口及び内藤(1954 a, 1954 b)は大豆の基部胚珠に多くみられる不稔は水分不足によるものと論じているが、水分は養分を運搬、供給するために必要欠くべからざるものであり、養分との関連なしに水分のみ単独で考えることは出来ない。また川竹、滝沢及び石田(1955)はカラスノエンドウを用いて、胎座から珠柄に入る維管束の走方が基部胚珠で逆流し、中央部、先端部では直角または正流の様相を呈するために基部に不稔が多いと論じているが、然りとすれば基部胚珠は別として正流の先端部に多い不稔種子の発現を説明することは出来ない。

莢の両端部に不稔が多いといっても、その発現は絶対

的なものでなく、稔実する例もみられ、且つ既述の如く完全莢の出現も時折みられる事などから、若し種子の稔実にとって好条件が揃えば莢の両端部胚珠も稔実し得るのではなからうかと考えられる。その条件には勿論多くの因子が関与しているであろうが、最も基礎的なものとして種子の稔実化に欠くことの出来ない同化産物と不稔種子発現との関係について更に追究を試みるべきであろう。

VI. 炭酸同化と不稔種子発現との関係

種子が発芽後の初期生育に不可欠な貯蔵炭水化物は、専ら緑葉において行なわれる炭酸同化作用によって生産されていることは明である。したがって同化産物が少ない場合は、それを蓄積せんとする発育中の胚珠相互間に競合が起り、或るものは稔実するが一方条件の悪いものは正常な発育を続けることが出来ず、遂に不稔種子となるものと考えられる。よって、若し何等かの悪条件により同化産物の不足を来した場合は不稔率は増加するであろうし、逆に同化産物が充分供給されるならば不稔率は減少するものと考えられ、特に豌豆等に見られた莢の両端部に頻発する受精胚珠の不稔は稔実し得る可能性も生じてくる。

この間の事情を究明するため、人為的に同化作用を抑制し或いは莢への同化産物の供給量を増加することによって、不稔率に変化があらわれるか否かを調査した。

(I) 遮光処理による不稔種子の誘発

同化作用は日光、炭酸ガス、水分3者の共同作業によるもので、その何れか一つが欠けても充分な機能を発揮することは出来ない。それで人為的に投射光を制限する処理を施して同化機能を抑制し、その結果生ずる不稔率の変化を調査した。

1. 実験方法

実験は雨を避けるため、硝子室内のコンクリート枠内に堆積した畑土で行なった。供試材料は豌豆で、鈴成絹莢を用いた。1960年5月1日、60cm×15cmに点播し、発芽後間引いて1本立にした。肥培管理の条件は既述の如くである。

遮光処理は開花の始まる直前、寒冷紗(40番、1cm内15meshes)を用いて植物の全面を覆った。植物体に重量の負担をかけないため、周りを木枠で囲み、その外側を寒冷紗で張りめぐらした。通気のため、地上より15cmの高さまで開いたが、そのためとくに遮光に悪い影響を来す様なことはなかった。処理区は次の如くである。

第51表 寒冷紗の遮光効果 (1960)

Table 51. Effect of the lawn with respect to controlling the light intensity. (1960)

処 理 Treatments	時 刻 Time			平 均 (指数) Average
	午前 9.00 9.00 a.m.	午前 12.00 12.00 a.m.	午後 3.00 3.00 p.m.	
対 照 区 Check	45.0	56.7	32.7	44.8 (100.0)
寒冷紗 1 枚 区 One sheet of lawn	25.6	34.3	17.3	25.7 (57.4)
寒冷紗 2 枚 区 Two sheets of lawn	17.4	23.7	13.0	18.0 (40.1)
寒冷紗 3 枚 区 Three sheets of lawn	11.7	14.6	9.4	11.9 (26.6)

* 数値は3回の平均値である。単位は1000ルクス。反射光は除いてある。

* Each number is average value in 3 repetition. Unit is 1000 lux. Reflected light is excepted.

- (1) 対 照 区
- (2) 寒冷紗 1 枚 区
寒冷紗 1 枚で覆った。
- (3) 寒冷紗 2 枚 区
寒冷紗を 2 枚重ねにして覆った。
- (4) 寒冷紗 3 枚 区
寒冷紗を 3 枚重ねにして覆った。

2. 実験結果

調査の結果は第 52 表に示す通りで明らかに処理の効果があらわれた。即ち対象区の不稔率は 44.4% であるのに対し、寒冷紗 1 枚区:52.5%、寒冷紗 2 枚区:58.3%、寒冷紗 3 枚区:61.1% で、被覆する寒冷紗の枚数が増えるにしたがい、即ち投射光が抑制されるにしたがい不稔率は増加した。統計的処理を施すため百分率を角度変換し、対象区に対する各処理区の有意性を検定したところ第 53 表に示す如く対照区に対し何れも 5% 水準で有意性を示していた。

この結果より、投射光を制限して同化作用を抑制することにより、不稔種子の増加を招来することが明らかに

寒冷紗の遮光効果は、7月1日(晴天日)に東芝照度計5号型を使用して9時、12時、15時の3回にわたり調査した。その結果を第51表に示す。

成熟期に各区共任意に10株を抽出して、その全着生莢を対象として不稔率を調査した。

第52表 遮光処理の不稔種子出現率 (1960)

Table 52. Influence of lawn treatments on occurrence of aborted seeds. (1960)

その 1 対 照 区 No. 1 Check

株 Plants	莢 数 No. of pods	胚珠原基数 No. of ovules	不稔種子数 No. of aborted seeds	不稔率 (%) Percentage of aborted seeds	Arc sin√%
No. 1	9	65	31	47.7	43.7
No. 2	8	58	20	34.5	36.0
No. 3	11	82	38	46.3	42.9
No. 4	9	74	34	45.9	42.7
No. 5	14	100	53	53.0	46.7
No. 6	7	49	22	44.9	42.1
No. 7	8	60	28	46.7	43.1
No. 8	8	58	17	29.3	32.8
No. 9	6	43	19	44.2	41.7
No. 10	7	44	19	43.2	41.1
計 Tot.	87	633	281	44.4	平均 Average 41.3

その2 寒冷紗1枚区 No. 2 One sheet of lawn

株 Plants	莢 数 No. of pods	胚珠原基数 No. of ovules	不稔種子数 No. of aborted seeds	不稔率(%) Percentage of aborted seeds	Arc $\sin\sqrt{\%}$
No. 1	4	21	12	57.1	49.1
No. 2	1	8	3	37.5	37.8
No. 3	4	26	12	46.2	42.8
No. 4	7	55	25	45.5	42.4
No. 5	4	28	19	67.9	55.5
No. 6	7	50	25	50.0	45.0
No. 7	10	75	43	57.3	49.2
No. 8	5	32	15	46.9	43.2
No. 9	3	22	11	50.0	45.0
No. 10	3	22	13	59.1	50.2
計 Tot.	48	339	178	52.5	平均 Average 46.0

その3 寒冷紗2枚区 No. 3 Two sheets of lawn

株 Plants	莢 数 No. of pods	胚珠原基数 No. of ovules	不稔種子数 No. of aborted seeds	不稔率(%) Percentage of aborted seeds	Arc $\sin\sqrt{\%}$
No. 1	5	40	22	55.0	47.9
No. 2	6	43	28	65.1	53.8
No. 3	3	22	12	54.5	47.6
No. 4	3	23	17	73.9	59.3
No. 5	2	16	7	43.8	41.4
No. 6	4	29	21	72.4	58.3
No. 7	2	14	10	71.4	57.7
No. 8	3	22	17	77.3	61.6
No. 9	8	58	25	43.1	41.0
No. 10	9	64	34	53.1	46.8
計 Tot.	45	331	193	58.3	平均 Average 51.5

その4 寒冷紗3枚区 No. 4 Three sheets of lawn

株 Plants	莢 数 No. of pods	胚珠原基数 No. of ovules	不稔種子数 No. of aborted seeds	不稔率(%) Percentage of aborted seeds	Arc $\sin\sqrt{\%}$
No. 1	2	14	8	57.1	49.1
No. 2	5	36	19	52.8	46.6
No. 3	1	8	5	62.5	52.2
No. 4	1	7	4	57.1	49.1
No. 5	3	22	11	50.0	45.0
No. 6	2	15	11	73.3	58.9
No. 7	7	49	33	67.3	55.1
No. 8	3	20	15	75.0	60.0
No. 9	1	7	4	57.1	49.1
No. 10	1	7	3	42.9	40.9
計 Tot.	26	185	113	61.1	平均 Average 50.6

第53表 対照区に対する各遮光処理区の t_0 の値

Table 53. t_0 value.

	1 枚区 One sheet	2 枚区 Two sheets	3 枚区 Three sheets
対 照 区 Check	2.31*	3.77*	4.06*

* $t_{(0.05)} = 2.10$ に対し有意 significant.

された。

(II) 摘葉処理による不稔種子の誘発

同化産物の量を制限する方法として摘葉処理を施した。即ち同化作用を行なう緑葉の数を制限することにより、生産される同化産物の絶対量を減らし、それによって起る不稔種子の変化を調査した。

1. 実験方法

実験は硝子室内で5万分の1ポットを用いて行なった。材料は豌豆で、鈴成絹莢を用いた。1960年5月1日に播種し、ポット当り1本立とした。肥培管理は既述と同じ。処理区は次の如くである。

- (1) 対 照 区
- (2) 半葉切除区

開花直前に羽状複葉の片側の小葉を切防し、爾後

分化してくるすべての葉に対し成熟期まで同様の処理を施した。

(3) 全葉切除区

羽状複葉の小葉すべてを切除して托葉のみを残した。

各区共4ポット宛用いた。成熟期に個体上の全着生莢を対象として不稔率を調査した。

2. 実験結果

調査の結果は第54表に示すとうりで、対照区の不稔率47.9%に対し半葉切除区:55.6%,全葉切除区:64.8%であり、何れも摘葉処理により不稔率の増加を招来した。角度変換による有意性検定の結果、第55表に示す如く半葉切除区は統計的有意差を認めることは出来なかったが全葉切除区では明らかに5%水準で有意差を示した。

この結果より、葉数の制限が不稔種子の誘発をまねくことは明らかであり、生育過程中とくに開花期以後に病虫害その他の原因によって葉が損傷される時は、不稔率の増加を招くものであろう。

(III) 莢内中央部胚珠の發育停止処理による両端部胚珠の稔実化

豌豆等で認められている莢の両端部にとくに不稔種子発現の高い現象は、受精後の胚の退化に起因するものが

第54表 摘葉処理の不稔種子出現率 (1960)

Table 54. Influence of removal of leaflets on occurrence of aborted seeds. (1960)

その1 対 照 区 No. 1 Check

ポ ッ ト Pots	莢 数 No. of pods	胚珠原基数 No. of ovules	不稔種子数 No. of aborted seeds	不稔率 (%) Percentage of aborted seeds	Arc sin $\sqrt{\%}$
No. 1	11	86	53	61.6	51.7
No. 2	12	95	39	41.1	39.9
No. 3	5	38	21	55.3	48.0
No. 4	9	71	26	36.6	37.2
計 Tot.	37	290	139	47.9	平均 Average 44.2

その2 半葉切除区 No. 2 Removal of half of leaflets

ポ ッ ト Pots	莢 数 No. of pods	胚珠原基数 No. of ovules	不稔種子数 No. of aborted seeds	不稔率 (%) Percentage of aborted seeds	Arc sin $\sqrt{\%}$
No. 1	8	60	44	73.3	58.9
No. 2	11	84	45	53.6	47.1
No. 3	9	72	36	50.0	45.0
No. 4	8	59	29	49.2	44.5
計 Tot.	36	275	154	55.6	平均 Average 48.9

その3 全葉切除区 No. 3 Removal of all of leaflets

ポット Pots	莢数 No. of pods	胚珠原基数 No. of ovules	不稔種子数 No. of aborted seeds	不稔率(%) Percentage of aborted seeds	Arc sin√%
No. 1	8	45	30	66.7	54.8
No. 2	8	59	38	64.4	53.4
No. 3	5	35	24	68.6	55.9
No. 4	9	77	48	62.3	52.1
計 Tot.	30	216	140	64.8	平均 Average 54.1

第55表 対照区に対する各摘葉処理区の t_0 の値

Table 55. t_0 value.

	半葉区 Half leaflets	全葉区 All leaflets
対照区 Check	0.98 n.s.	4.06*

* $t_{(0.05)} = 2.45$ に対し有意 significant.

多いことは既に明らかにされたが、このことは両端部胚珠が中央部に比し種子への発育に不利な状態に置かれていることを意味する。それには種々の原因が作用しているものであろうが、その一つとして水分、養分摂取上の競合の問題がある。若し中央部胚珠が養分摂取上都合のよい位置にありとするならば、少ない養分を分かち合う様な場合には両端部胚珠との競合に打勝って稔実しうものと考えられ、その反対に中央部胚珠の発育を人為的に停止させた場合には両端部胚珠は余剰養分を摂取して稔実し得るものと考えられる。この様な観点から発育中の種々の段階の莢について中央部胚珠を人為的に発育停止せしめ、それによって起る両端部胚珠の不稔率の変化を調査した。

1. 実験方法

実験は1954年、硝子室内のコンクリート枠内畑土ベットで行なった。供試材料は豌豆で、白花絹莢を用いた。栽植、株立、肥培管理等は既述と同じ。

処理の方法は開花、受精後発育途上にある各段階の8粒胚珠莢を選び、中央部胚珠4粒(III-IV)を莢の外側より消毒済みの針で刺殺して発育を停止させた(写真25参照)。処理区は次の如くである。

- (1) 対照区
- (2) 開花後4日処理区
- (3) 開花後7日処理区
- (4) 開花後10日処理区
- (5) 開花後13日処理区

成熟期に莢を開いて基部I、先端部VIIIの稔実状態を調査した。

2. 実験結果

結果は第56表に示す如く13日区を除いて何れの区も処理の効果があらわれた。即ち基部Iについては対照区の稔実率34.9%に対し4日区:91.7%、7日区:92.1%で中央部胚珠の発育停止による基部胚珠の稔実化は顕著にあらわれた。10日区は58.5%で、4日区、7日区に比べると処理の効果はそれ程顕著とはいえないが、対照区の34.9%に比較すれば稔実率が上昇したことを示している。13日区では36.2%の稔実率で、対照区に比べて殆んど差異は認められず処理の効果がなかったことを示している(写真26-28参照)。

先端部VIIIの稔実率については、対照区の54.4%に対し4日区:88.3%、7日区:87.3%、10日区:60.0%、13日区:43.1%を示し、4日区、7日区は処理の効果が顕著にあらわれたが、10日区、13日区では大きな差異を示

第56表 人工的発育停止処理莢における両端部胚珠の稔実率の変化(1954)

Table 56. Increase of rate of seed production at both apical and basal positions in pod by controlling the number of ovules. (1954)

処理区(莢数) Date of treatments (No. of pods)	胚珠の着生位置 Position of ovule in pod	
	(基) I (Base)	VIII(先) (Apex)
対照 Check (215)	34.9%	54.4%
開花後4日 4th day after flowering (60)	91.7	88.3
" 7日 7th day after flowering (63)	92.1	87.3
" 10日 10th day after flowering (65)	58.5	60.0
" 13日 13th day after flowering (58)	36.2	43.1

第57表 独立性の検定表 (χ^2 表)
但し対照区と各処理区毎の間

Table 57. χ^2 value

処 理 区 Date of treatments	I	VII
開 花 後 4 日 4th day after flowering	60.671	22.856
" 7 日 7th day after flowering	63.843	22.328
" 10 日 10th day after flowering	11.528	0.630
" 13 日 13th day after flowering	0.035	2.343

さなかつた。

独立性の検定により対照区に対する統計的有意差をもとめた結果は第57表に示すとうり、基部 I では4日区、7日区、10日区が、先端部 VIII では4日区、7日区が有意差を示したが、その他区は有意な差を示さなかつた。

以上の結果が示す様に、稔実率の高い中央部胚珠が発育を停止することによって稔実率の低い(即ち不稔率の高い)両端部胚珠が稔実化することは、莢内の両位置間に養分摂取上の競合が存在していることを立証するものである。

この実験結果が示すもう一つの特徴は、処理が開花後4日、7日の若い莢の時代に行なわれれば顕著な効果を示すが、処理時期が遅れるにしたがい効果が薄くなり、遂に無効となる点である。この事実は胚発生学的観察に

より、胚の退化の起る時期が開花後1週間前後に多い結果が得られた事と興味ある関連性を示す。即ち莢の両端部に发育遅延の形であらわれる受精胚珠は、開花後1週間位までは若し发育の条件が好転すれば稔実し得る可能性を持っているが、この時期が過ぎてなお好転しない場合は次第に退化の様相を帯び、開花後2週間を経れば、最早如何に好適な条件が与えられても、再び稔実化の道程を歩み得ない程に退化の状態は進展し、やがて胚の内部構造は崩壊して不稔種子となるものである。

(IV) 著莢数の制限による不稔率の低減

同化産物の量を抑えることにより不稔率が増加する現象は既に確認されたので、その反対に同化産物を受取るべき莢の数を制限すれば、その結果として起る同化産物の余剰は莢の両端部胚珠の稔実化を助長し、不稔率の低減を来すものと思われる。この間の事情を究明するため次の実験を企画した。

1. 実験方法

実験は豌豆(鈴成絹莢)を用いて圃場で行なつた。1960年5月1日、60cm×15cmに点播し、発芽後間引いて1本立とした。肥培管理は既述と同じ。処理区は次の如くである。

- (1) 対 照 区
- (2) 摘花処理 A 区

豌豆の花房は主として2小花よりなっているので開花前または直後に2花の内の先端に着生している小花を摘花し、1花房1小花として着莢数を制

第58表 摘花処理の不稔種子出現率 (1960)

Table 58. Influence of removal of pods on occurrence of aborted seeds. (1960)

その1対照区 No. 1 Check

株 Plants	莢 数 No. of pods	胚珠原基数 No. of ovules	不稔種子数 No. of aborted seeds	不稔率 (%) Percentage of aborted seeds	Arc sin $\sqrt{\%}$
No. 1	40	300	149	49.7	44.8
No. 2	28	223	104	46.6	43.1
No. 3	35	284	125	44.0	41.6
No. 4	29	236	125	53.0	46.7
No. 5	32	240	106	44.2	41.7
No. 6	22	176	78	44.3	41.7
No. 7	17	137	68	49.6	44.8
No. 8	22	170	85	50.0	45.0
No. 9	14	109	40	36.7	37.3
No. 10	33	265	138	52.1	46.2
計 Tot.	272	2140	1018	47.6	平均 Average 43.3

その2 摘花処理A区 No. 2 Removal of pods (A).

株 Plants	莢 数 No. of pods	胚珠原基数 No. of ovules	不稔種子数 No. of aborted seeds	不稔率(%) Percentage of aborted seeds	Arc sin $\sqrt{\%}$
No. 1	9	73	26	35.6	36.6
No. 2	13	106	20	18.9	25.8
No. 3	16	133	42	31.6	34.2
No. 4	18	142	35	24.6	29.7
No. 5	20	160	48	30.0	33.2
No. 6	24	189	52	27.5	31.6
No. 7	20	166	35	21.1	27.4
No. 8	12	92	16	17.4	24.7
No. 9	17	134	53	39.6	39.0
No. 10	23	178	64	36.0	36.9
計 Tot.	172	1373	391	28.5	平均 Average 31.9

その3 摘花処理B区 No. 3 Removal of pods (B).

株 Plants	莢 数 No. of pods	胚珠原基数 No. of ovules	不稔種子数 No. of aborted seeds	不稔率(%) Percentage of aborted seeds	Arc sin $\sqrt{\%}$
No. 1	10	76	27	35.5	36.6
No. 2	13	99	32	32.3	34.6
No. 3	19	148	53	35.8	36.8
No. 4	27	210	72	34.3	35.9
No. 5	20	150	58	38.7	38.5
No. 6	22	176	88	50.0	45.0
No. 7	15	122	50	41.0	39.8
No. 8	11	87	34	39.1	38.7
No. 9	19	145	56	38.6	38.4
No. 10	13	107	54	50.5	45.3
計 Tot.	169	1320	524	39.7	平均 Average 39.0

第59表 対照区に対する各摘花処理区の t_0 の値Table 59. t_0 value.

	摘花A区	摘花B区
対 照 区 Check	6.35*	2.98*

* $t_{(0.05)} = 2.10$ に対し有意 significant.

限した。

(3) 摘花処理B区

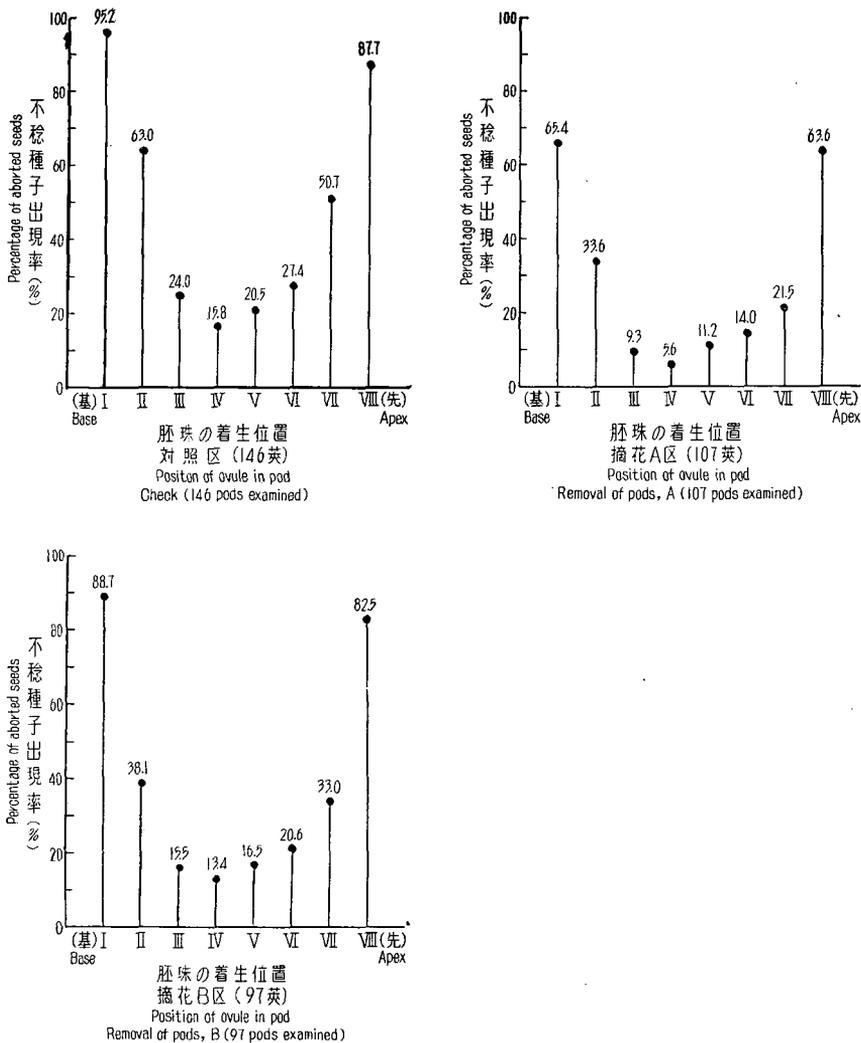
豌豆は無限花序で、花茎の基部より互生に節を生じ、各節に1花房が着生する。この花房を1段置

きに切除して着莢数を制限した。

成熟期に各区共任意に10株を抽出し、その全着生莢を対象として不稔率を調査し、とくに胚珠基本数に関し頻度の高い8粒胚珠莢については、莢内着生位置別に不稔種子の出現率を調査した。

2. 実験結果

調査の結果は第58表に示す如く処理の効果が明らかになられた。即ち対照区の不稔率47.6%に対し、摘花A区は28.5%、摘花B区は39.7%で、いずれも不稔率は低減していた。両処理区の間では摘花A区の方が、一段置き摘花を施した摘花B区より効果の程度が著しかった。角度変換により対照区に対する両処理区の有意性を



第15図 摘花処理における胚珠の着生位置別不稔種子出現率 (1960) * 豌豆

Fig. 15. Influence of removal of pods on occurrence of aborted seeds. (1960) * Pea

検定したところ、第59表に示す如く何れの区も5%水準で有意差が認められた。

着莢数の制限によって不稔率が低減することは確認されたが、その傾向は莢内の何れの位置の胚珠に強くあらわれるであろうか。養分供給に関する既述の概念よりすれば、不稔率の低減は莢の両端部に強くあらわれることが想定される。8粒胚珠莢について調査した結果は、第15図に示す如く摘花B区では不明瞭であったが、摘花A区においては各位置共不稔率が低下する内、とくに両端部の低減が目立った。即ち中央部のIV、Vでは対照区の不稔率15.8%、20.5%から処理区の5.6%、11.2%に

低減し、その差は夫々10.2%、9.3%であったのに対し、基部I、先端部VIIIでは対照区の不稔率95.2%、87.7%から処理区の65.4%、63.6%に低減し、その差は夫々29.8%、24.1%を示し、処理による稔実化の傾向は莢の両端部において強くあらわれることを示し、既述の推定を明確に立証した。

以上の実験結果より、同化産物の量が不稔種子の発現に、極めて強い関連性を有していることが明らかになった。

(V) 考 察

受精胚珠の胚の退化が、同一子房内における養分摂取

上の競合によって起るものであろうとの想定のもとに、種子の稔実に不可欠な同化産物の過不足と、不稔種子発現との関係につき種々なる処理を施してその反応を調査したが、いずれも予期の結果を得ることが出来た。

同化産物の供給を人為的に抑制する方法としては、(1) 遮光処理、(2) 摘葉処理の2方法を用いた。遮光処理は同化作用に必要な日光の投射光を制限して緑葉の働きを不十分ならしめ、同化産物の生産量を人為的に減じたものであり、摘葉処理は同化産物の生産の場である緑葉の数を制限して絶対生産量を減じたものである。この2処理とも対照区に比べて同化産物の量に不足を来していることは明らかであり、受精胚珠相互間の競合の度合も強くあらわれるであろうことは想像に難くない。実験の結果は既に述べた如く明らかに処理の効果があらわれ、かつ処理の程度が強いもの程効果も顕著であったことは、明らかに同化作用と不稔種子発現との間に関連性が存在することを充分立証しうるものであろう。なお、処理区においては不稔率が增加するのみならず、個体当りの着莢数が減少していることも見逃せない特徴の一つでありとくにその傾向は遮光処理において甚だしかった。このことは、養分供給不足の状態が強くなるにつれて、莢内胚珠相互間のみならず、株上の莢相互間においても競合があらわれたことを示しており、実験実施中に処理区において多くの落蕾、落花、落莢の現象を観察することが出来た。したがって植物体が同化産物供給不足の状態におかれた場合、自から着莢数を減じて少ない養分を重点的に種子形成に利用しているものと考えることが出来るよう。

これら同化作用を抑制する二つの実験とも、生育中の水分供給は充分行ない、けっして不足の状態におかなかつたものであり、加藤、坂口及び内藤(1954 a, 1954 b)によって報告された水分不足によって生ずる大豆の不稔も結局は水分不足によって生じた同化機能の低下と、養分供給の不足に由来するものと考えるのが至当であらう。

同化機能を人為的に抑制することに比べ、同化作用を促進して同化産物を増加させることは極めて難しい。それで同化作用は対照区と同じであるが、同化産物を供給される莢の数、莢内の胚珠の数を制限して残った莢、胚珠に充分な養分を摂取させることにより不稔率がどの様に変化するかを調査した。

稔実率の高い莢内中央部胚珠の発育を人為的に停止させることにより、従来不稔率の高い両端部の胚珠を稔実化させることに成功したが、このことは両端部胚珠の不

稔は絶対的なものでなく、養分摂取上の好条件が与えられれば、稔実化する可能性のあることを立証したものである。

着莢数の制限には二つの処理を用いたが、結果的には各節1花の摘花処理 A 区の方が花房を1段置きに制限する摘花処理 B 区より効果は顕著にあらわれた。これは各節1花宛配置された方が余剰養分を無駄なく利用したものと見えよう。着花制限による稔実化は莢内両端部に一層強くあらわれたが、このことは莢内着生位置によって養分摂取上の競合があったことを証明するものである。

この二つの実験はいずれも不稔率を低下させ、種子の稔実化を促進することに効果はあったものの、その誘因は養分の供給をうける側の制限によるものであり、この結果を基礎としてさらに一層の追究を試みるならば、実際栽培において不稔率を低下させることをも期待出来るであろう。

VII. 論 議

成熟莢内に稔実種子に混って見出される不稔種子の発現について、マメ科作物を用い主として胚珠の側より究明を試みた。本研究の目標は大別して次の三つである。

- (1) 莢内着生位置による不稔種子の発現の差異、即ち発現の特徴をつかみ、それによって供試各作物を類別し、原因追究の基礎とした。
- (2) 不稔の原因を胚発生学的観点より究明した。
- (3) 人為的な処理を施して、それに反応する不稔率の変化をみることにより不稔の原因についてなされた推定を立証し、将来の不稔解決への基礎とした。

各実験については夫々考察を行なったので、つぎに上記3項目について総合的な論議を試みる。

- (1) 成熟莢の形態上の差異によりマメ科作物を1粒莢と多粒莢とに2大別した。本研究の供試作物に加えなかつたセイソフイン等少数の作物を除き、大多数の1粒莢作物は2粒或いはそれ以上の胚珠を子房内に包含している。したがって1粒莢が形成される場合、包含される1粒以外の他の胚珠は不稔種子となるものであり、これら不稔種子の発現は2粒胚珠子房の場合、莢の基部に多くみられた。作物により統計的に有意差を示さぬものもあつたが、総体的に基部胚珠の不稔が多いということが出来るよう。特殊な例としてスイート・クローバーがあり、この作物は4粒胚珠子房の先端2粒の胚珠の不稔率が極端に高く、種子形成は専ら基部2粒の間で行なわれていた。これに関しては2粒胚珠子房の作物とは違った別な

意義のあることが受精調査により明らかにされた。

多粒莢作物ではアルサイク・クローバーの如く、包含胚珠数の少ない作物では、不稔種子の発現が莢内着生位置によって特に差異は認められなかったが、豌豆、コンモン・ベッチ、ヘアリー・ベッチ等の胚珠基本数の多い作物では、不稔種子の発現が莢の両端部に偏る傾向を示した。豌豆については供試7品種共同様の傾向を示し、かつ4年間の継続調査によっても両端部の不稔頻発が認められたことは、この傾向が単なる偶然でなく、固有の特性であることを示している。白クローバーは胚珠基本数の多少により双方の現象を呈していた。

1粒莢、多粒莢共に作物により傾向の基だしいものとしからざるものとあるが、それらは不稔種子発現の特徴によって次の如く類別される。

A. 基部に発現の多いもの

赤クローバー、ハンガリアン・クローバー、クリムソン・クローバー、サブ・クローバー、キドニー・ベッチ

B. 先端部に発現の多いもの

スイート・クローバー

C. 両端部に発現の多いもの

豌豆、コンモン・ベッチ、ヘアリー・ベッチ

D. 特徴のないもの

アルサイク・クローバー、白クローバー

(2) 不稔種子が莢内の特定位置に出現し易いということは、不稔の原因がその位置と何等かの関連を有していることを意味する。とくに基部胚珠の不稔は、その位置状態から COOPER and BRINK (1940) の報ずる様に花粉管未到達と結びつき易い。しかし受精の調査により供試各作物について位置による受精率の差異は認められなかった。したがって位置により多発する不稔の原因は当然胚の退化によるものといえよう。

受精の失敗による不稔は位置と無関係に各作物に見出され、とくに赤クローバー、ハンガリアン・クローバーは著しく受精率が低かった。不受精胚珠は胚嚢形成不完全による異常胚珠と、受精の機会を得なかった正常胚珠とに分けられる。後者は授粉操作の改善により受精の可能性を有するものであるが、前者は先天的に受精機能を持たず、胚珠としての価値を失なったものである。異常胚珠の出現は各作物にみられたが、とくに赤クローバー、ハンガリアン・クローバー、スイート・クローバーにおいて著しい出現がみられた。しかしスイート・クローバーは子房内に4粒胚珠を持つものが多く、1粒莢を形成するに当っては、多少の異常胚珠の出現があっても、現実的にはそれ程大きな問題ではない。これに対し赤クロー

バー、ハンガリアン・クローバーでは2粒胚珠ともに異常胚珠の子房が見出され、この種の子房は開花当時において既に莢を形成し得ないことが決定されており、2粒の内1粒が異常胚珠の場合でも、他の1粒の正常胚珠が受精に失敗した時は結莢不能となるものであり、この両作物における異常胚珠の不稔種子生成に果す役割は大きいといえよう。

胚の退化に起因する不稔種子について、1粒莢では2粒胚珠ともに受精している子房が各作物に相当みられたが、2粒の内何れか一方が発育停止して、結果的には1粒莢を形成するもので、1粒化の時期についても詳細な比較観察により、受精直後の前胚分裂期から2粒間の発育の差異があらわれ、子葉分化期頃迄には1粒化の確定することが明らかにされた。したがってマメ科作物1粒化の原因は、包含胚珠の内1粒のみが受精して他は不受精のために生ずるものの外、たとえ2粒とも受精した場合でも、受精直後に起る2粒間の競合によって、1粒が発育停止するために生ずるものであることが確認され、従来問題とされながらも究明されずにいた1粒化の疑問を解明したことは意義深いものといえよう。

多粒莢作物で莢の両端部に頻発する不稔の多くは、受精の調査により胚の退化に起因することが認められ、退化の経過については受精直後の前胚分裂期より発育遅延の形であらわれ、次第に正常なものとの発育の差は開き子葉分化、子葉伸長期に至って発育を停止するものが大部分を占めていることが確認され、さらに乾燥重量の比較によってこの認識は一層強く裏づけされた。莢の両端部に頻発する微細な不稔種子が、不受精に由来するとの従来の考えは、胚発生学的観察を行わずして早計に結論づけられていたものであり、この誤った観念が本実験結果によって是正されたことは今後の不稔性の解明に大いに役立つものと思われる。

胚の退化の原因については遺伝学的研究はみられるが栄養生理の面で追究されたものは少ない。本研究で論ぜられる受精後の不稔種子は、成熟莢内に稔実種子に混って見出されるもので、その原因は栄養生理的なものと考えてよく、種子形成に必要な養分を摂取するに当り莢内の受精胚珠相互間に競合が起るものと考えられる。したがって豌豆、コンモン・ベッチ等にみられた両端部の不稔種子頻発現象は中央部胚珠が両端部胚珠に比べて養分摂取上有利な位置にあるためということが出来る。この問題に関して、胎座より珠柄に入る維管束の流れの方向によって生ずるとの説もあるが、これにより一部の解決は出来ても、全般を説明することは出来ず、将来に残され

た問題であろう。

(3) 受精胚珠の不稔は、同一莢内での養分摂取上の競合によって起るとの推定を立証するには、種子形成に不可欠な貯蔵炭水化物の生成に関与する炭酸同化作用をコントロールして、それに反応する不稔率の変化をみるのが簡便かつ適確な方法である。

同化産物の生産量を制限するには遮光処理と摘葉処理を用いたが、その反応は著しく、処理の程度が強くなるにしたがい効果も顕著にあらわれ、統計的にも有意差を示していたことは、推定の正しかったことを立証するものである。

同化産物の生産量を人為的に増加させることは極めて難かしいので、養分の供給をうける胚珠数、莢数を制限して残った胚珠、莢への供給を充分ならしめ、結果的には同様の効果を期待した。処理の効果は顕著にあらわれ、莢内の中央部胚珠を人為的に発育停止させることにより従来高い不稔率を示していた両端部胚珠の稔実化が認められたことは、莢の中央部と両端部との間に養分摂取上の競合が存在していたことを立証するものである。また着花数を制限して残余の莢に充分養分の補給を計った場合も、不稔率の著しい低減を招来し、とくに両端部胚珠の稔実化が目覚しかったことも、莢内着生位置による養分摂取上の競合の存在を立証し得るものといえよう。

これらの処理の結果が示す如く、不稔種子発現に及ぼす同化産物の影響は極めて重大で、我々が作物を栽培するに当り、肥培管理その他の改善により同化機能を促進させることが出来るならば、受精胚珠相互間の養分摂取上の競合をいくらかでも緩和し、結果的には不稔率の低減を期待することも可能となるであろう。

VIII. 結 論

農業生産上、農学研究上多大の支障を来す不稔性の研究は、古くより農学徒の関心事として多くの研究が積み重ねられ、総合的にまとめられたものとして志佐(1934)の貴重な報告がある。しかし個々の作物については未だ充分な検討が加えられておらず、とくに胚発生学的な不稔性の研究は少ない。かかる観点より著者はマメ科作物の成熟莢内に、稔実種子に混って出現する不稔種子につき、発現の状態、原因、稔実化の可能性等につき実験観察を行なった。不稔種子の発現の状態を仔細に観察すれば、そこに何等か発現の特徴があるもので、この特徴は当然不稔の原因と密接な関係を有するものである。本研究では莢内の着生位置との関連のもとに供試各作物を類別し、それを基礎として原因の追究を行なった。

胚発生学的観点より、不稔種子は受精の時期を境として受精前の状態であるか、または受精後の発育停止によるものかの何れかであり、夫々不稔を誘発する原因は異なるものである。それらの原因が各作物について果す役割を調査したが、不受精により惹起される不稔に比べて受精後の発育停止によるものが極めて多く、1粒莢作物では1粒化の主たる原因となっており、多粒莢作物でも莢の両端部に頻発する不稔種子の多くは、受精後の発育停止に由来するものであることが確認された。

胚の退化を誘発する原因として、養分摂取上の競合によるものとの観点から種々の処理を施して反応をみた結果、当初の推定の正当性が確認され、不稔性解明への新たな方向づけがなされた。

胚の退化の経過を究明するに当り、各作物の正常胚発生のシリーズを作成して比較観察の基礎とし、その概要は第44表に示してあるが、従来個々の作物について胚発生の報告は少なく、将来この方面の研究を行なうに当たっての参考資料として意義あるものといえよう。

実験は北海道で行なわれ、地域による差異の検討は行なわなかったが、研究の目的は不稔種子の発生機構の解明であり、成育の場所を変えても本質的に異なる結論が出ることは無いであろう。

IX. 摘 要

- (1) 本研究は成熟果実内に稔実種子に混って見出される不稔種子の発生機構を究明するために行なった。
- (2) 供試作物はマメ科5属11種、即ち赤クローバー、白クローバー、アルサイク・クローバー、ハンガリアン・クローバー、クリムソン・クローバー、サブタレニアン・クローバー、コンモン・ベッチ、ヘアリー・ベッチ、キドニー・ベッチ、スイート・クローバー、豌豆である。
- (3) 実験は1951年より1960年にいたるまで北海道大学において実施された。
- (4) 顕微鏡観察に当っては、Formalin Acetic Alcoholで固定し、パラフィン法により切片は10~15 μ の厚さで切断し、Delafield's haematoxylinで染色の後、バルサムまたはグリセリン・ゼリーで封じた。
- (5) 莢内着生位置による不稔種子発現の特徴により、供試各作物を次のグループに類別した。
 - A. 基部に発現の多いもの
赤クローバー、ハンガリアン・クローバー、クリムソン・クローバー、サブ・クローバー、キドニー・ベッチ
 - B. 先端部に発現の多いもの
スイート・クローバー

C. 両端部に発現の多いもの

豌豆, コンモン・ベッチ, ヘアリー・ベッチ

D. 特徴のないもの

アルサイク・クローバー, 白クローバー

(6) 不稔種子の生因を胚発生学的観点より不受精に起因する不稔種子と、胚の退化に起因する不稔種子とに分けさらに不受精胚珠を胚嚢形成不完全による異常胚珠と、受精の機会を得なかった正常胚珠とに分けて、夫々の原因が不稔種子生成に果す役割を調査した。

(7) 受精調査の結果、受精率の低い作物は赤クローバー・ハンガリアン・クローバーであった。異常胚珠の出現は各作物にみられたが、とくに赤クローバー、ハンガリアン・クローバー、スイート・クローバーでその傾向著しく不稔種子発現に重要な役割を担っていた。

(8) 子房内の胚珠の着生位置によって受精率に大きな差異は認められなかった。したがって莢内着生位置により不稔種子発現が偏する傾向は、受精の有無によるものでなく、胚の退化、即ち受精後の胚珠の発育停止に起因するものである。

(9) 1粒莢作物の1粒化の原因は、受精の失敗によるものの外、たとえ包含2粒或いはそれ以上の胚珠が受精しても、受精胚珠相互間に起る競合によって惹起されるものである。競合による発育の差異は受精直後の前胚分裂期より認められ、子葉分化期頃までには1粒化が確定することが確認された。

(10) 多粒莢作物の胚の退化に起因する不稔種子については、受精直後の前胚分裂期に発育遅延の形であらわれ次第に正常なものとの発育の差はひらき、子葉分化、子葉伸長期に至って発育を停止するものが大部分をしめていることが確認された。

(11) 豌豆, コンモン・ベッチ等では不稔種子と正常発育中の胚珠との乾燥重量の比較により、不稔種子の大部分は開花後10日以前の発育初期段階に発育を停止するものであろうと推定され、胚発生学的観察結果と帰を一にした結論が得られた。

(12) 多粒莢作物で莢の両端部にみられる不稔種子類発現象は、同一莢内の受精胚珠相互間に起る養分摂取上の競合によるものと推定した。

(13) 遮光処理, 摘葉処理によって莢への同化産物の供給量を制限すれば、不稔率は増加することが認められた。

(14) 莢内の発育胚珠数を制限し、或いは摘花処理により発育莢数を制限することにより残余の胚珠、莢への養分供給量を人為的に増加させると、不稔率は低減することが認められ、かつ稔実化の傾向は莢の両端部において著

しいことから、莢の両端部に頻発する不稔が、養分摂取上の競合によって起るとの推定を立証した。

引用文献

- 1) ATWOOD, S. S. (1940): Genetics of cross incompatibility among self-incompatible plants of *Trifolium repens*. Jour. Amer. Soc. Agron. 32.
- 2) ——— (1941 a): Cytological basis for incompatibility in *Trifolium repens*. Amer. Jour. Bot. 28.
- 3) ——— (1941 b): Controlled self- and cross-pollination of *Trifolium repens*. Jour. Amer. Soc. Agron. 33.
- 4) ——— (1947): Cytogenetics and breeding of forage crops. Advances in genetics. Vol. 1.
- 5) BEADLE, G. W. (1932): Genes in maize for pollen sterility. Genetics 17.
- 6) BOOTH, N. O. (1902): Investigations concerning the self-sterility of the grapes. N. Y. State Agr. Exp. Stat. Bull. 224.
- 7) COOPER, D. C. (1931): Macrosporogenesis in *Buginvillaea glabra*. Amer. Jour. Bot. 18.
- 8) ——— (1933): Macrosporogenesis and embryology of *Melilotus*. Bot. Gaz. 95.
- 9) ——— BRINK, R. A. and ALBRECHT, H. R. (1937): Embryo mortality in relation to seed formation in alfalfa. Amer. Jour. Bot. 24.
- 10) ——— (1938): Embryology of *Pisum sativum*. Bot. Gaz. 100.
- 11) ——— and BRINK, R. A. (1940): Partial self-incompatibility and the collapse of fertile ovules as factors affecting seed formation in alfalfa. Jour. Agr. Res. 60.
- 12) COOPER, G. O. (1938): Cytological investigations of *Pisum sativum*. Bot. Gaz. 99.
- 13) DARWIN, C. (1916): Cross and self-fertilization of plants.
- 14) 江原 薫 (1950): 蜂による赤クローバー (*Trifolium pratense*, L.) の授精に関する研究 (I, II, III, IV). 日作紀. 19.
- 15) ——— (1954): 飼料作物学 上巻. 東京 養賢堂.
- 16) ENOMOTO, N. (1923). Studies on an ever-segregating race in *Portulaca grandiflora*. Jap. Jour. Bot. 1.
- 17) FUKUDA, Y. (1927): Cytological studies on the development of the pollen grain in different races of *Solanum tuberosum* L., with special reference to sterility. Bot. Mag. Tokyo 41.
- 18) GOURLEY, J. H. (1931): Anatomy of the transition region of *Pisum sativum*. Bot. Gaz. 92.

- 19) HÅKANSSON, A. (1931): Ueber Chromosomenverketting in *Pisum*. Hereditas 15.
- 20) HERSHBERGER, J. W. (1920): Pastoral and agricultural botany. Philadelphia. P. Blakiston's Son & Co.
- 21) HAYWARD, H. E. (1938): The structure of economic plants. New York. The Mcmillan Co.
- 22) 池田伴親 (1904): 柑橘に於ける無核果生成に就て. 農学会々報. 60, 63.
- 23) 井上頼数 (1955): 豌豆の花芽分化並びに開花・結実に関する研究. (第3報) 莢内に於ける胚珠の位置とその稔性に就いて. 園学雑. 23.
- 24) ISHIKAWA, J. (1927) Studies on the inheritance of sterility in rice. Jour. Coll. Agric. Hokkaido Imp. Univ. 20.
- 25) 加藤一郎・坂口 進 (1954 a): 大豆不稔実粒の発生機構並びにその防止に関する研究. 東海近畿農試研究報告, 栽培部第1号.
- 26) ————・—————・内藤文男 (1946 b): 大豆の花器並びに子実の発達過程. 東海近畿農試研究報告, 栽培部第1号.
- 27) 川竹基弘・滝沢憲次郎・石田良作 (1955): 豇科硬実の発生過程に関する研究 (IV) 胚珠の發育に関する解剖学的研究. 東海近畿農試研究報告, 栽培部第2号.
- 28) KIHARA, H. (1924): Zytologische und genetische Studien bei wichtigen Getreidearten mit besonderer Rücksicht auf das Verhalten der Chromosomen und die Sterilität in den Bastarden. Mem. Col. Sci. Kyoto Imp. Univ. B. 1.
- 29) ———— and KATAYAMA, Y. (1931): Genomanalyse bei *Triticum* and *Aegilops*. III. Zur Entstehungsweise eines neuen konstanten oktoploiden *Aegilotriticum*. Cytologia 2.
- 30) KIRK, L. E. (1925): Self-pollination of sweet clover. Sci. Agr. 6.
- 31) ———— and DAVIDSON, J. G. (1928): Potentials of sweet clover as plant breeding material. Sci. Agr. 8.
- 32) ———— (1929): Natural crossing between white flowered and yellow flowered sweet clover. Sci. Agr. 9.
- 33) ———— (1930): Abnormal seed development in sweet clover species crosses—a new technique for emasculating sweet clover flowers. Sci. Agr. 10.
- 34) LICHTER, R. (1960): Eine verbesserte Pfropfmethode zur Erhöhung der Lebensfähigkeit von Artbastarden zwischen *Beta vulgaris* und Arten der Sektion *Patellares*. Zucker 13.
- 35) LONGLEY, A. E. (1933): Chromosome in *Gossypium* and related genera. Jour. Agr. Res. 46.
- 36) 村上 馨 (1950): 飼料作物の栽培. 札幌. 北農会.
- 37) ————・金子幸司・赤城望也・小島昌也 (1958): 牧草と草地. 北農. 25.
- 38) MARTIN, J. N. (1914): Comparative morphology of some Leguminosae. Bot. Gaz. 58.
- 39) MARTIN, J. H. and LEONARD, W. H. (1949): Principles of field crop production. N. Y. The Mcmillan Co.
- 40) 永井威三郎 (1952): 実験作物栽培各論 IV. 東京. 養賢堂.
- 41) 押領司軍吉 (1941): 台湾在来稻と内地稻との間に生ずる F₁ 植物の不稔現象に就いて. 台湾農事報. 37.
- 42) PERCIVAL, J. (1918): Agricultural botany. London, Duckworth & Co.
- 43) PIPER, C. V. (1924): Forage plants and their culture. N. Y. The Mcmillan Co.
- 44) RAMIAH, K. (1931): Preliminary investigation on the occurrence of sterility in rice. Agr. Live Stock. 1.
- 45) RINKE, E. H. and JOHNSON, I. J. (1941): Self-fertility in red clover in Minesota. Jour. Amer. Soc. Agron. 33.
- 46) ROBBINS, W. W. (1924): The botany of crop plants: Philadelphia. P. Blakiston's Son & Co.
- 47) 酒井寛一 (1931): 低温に依る稻の小孢子形成の細胞分裂の阻害. 日作記. 9.
- 48) ———— (1937): 稻の減数分裂時の低温と不稔実との関係. 札幌農林学会会報. 29.
- 49) 佐藤久二 (1954): 棉の不完全種子 "motes" の形成に関する胚発生学的研究. 日作紀. 23.
- 50) ———— (1956 a): 豇科飼料作物の不稔種子発生機構の形態学的並びに生理学的研究. (第2報) 赤クロバーに於ける1粒莢の生成に就いて. 日作紀. 24.
- (1956 b): (第3報) スイート・クロバーに於ける1粒莢の生成に就いて. 日作紀. 25.
- (1957): (第4報) コンモン・ベッチの不稔種子の発生並びに莢内着生位置. 日作紀. 26.
- (1958): (第5報) キドニー・ベッチに於ける1粒莢の生成に就いて. 日作紀. 27.
- 51) 渋谷常紀 (1934): 落花生の不稔花に就いて. 熱帯農学会誌. 6.
- ・佐藤久二 (1951): 棉の不完全種子 "motes" の形成に関する胚発生学的研究. 日作紀. 20.
- ・————— (1955 a): 豇科飼料作物の不稔種子発生機構の形態学的並びに生理学的研究. 第1

報 豌豆. 北大附属農場特別報告. 11.

- 54) 渋谷常紀・佐藤久二・鈴木正行 (1955 b): 豆科作物の地下結実に関する生理形態的研究 II. 落花生に於ける1粒莢の生因に就いて III. 落花生に於ける地下花の授精結実の特異性. 日作紀. 24.
- 55) 志佐 誠 (1934): 植物の不稔性. 東京. 養賢堂.
- 56) 末次 励・松本 聡 (1950): 赤クローバーの授精と蜂類との関係. 日作紀. 19.
- 57) SILOW, R. A. (1913): Preliminary report on pollen-tube growth in red clover (*Trifolium pratense* L.) Welsh Plant Breeding Sta. Bull., S. H. 12.
- 58) STOW, I. (1927): A cytological study on the pollen sterility in *Solanum tuberosum* L. Jap. Jour. Bot. 3.
- 59) SUNESON, C. A. (1940): A male sterile character in barley. Jour. Hered. 31.
- 60) SUSA, T. (1927): Sterility in certain grapes. Mem. Hort. Soc. N. Y. 3.
- 61) THOMAS, H. L. (1955): Inbreeding and selection of self-fertilized lines of red clover, *Trifolium pratense*. Agron. Jour. 47.
- 62) 上林諭一郎 (1925): 梅の花に関する2, 3の研究. 日本園芸学雑誌. 37.
- 63) ——— (1927): 梅の着花と結実に関する研究. 園芸の研究. 22.
- 64) WILLIAMS, R. D. (1931): Self- and cross sterility in red clover. Welsh Plant Breeding Sta. Bull., S. H. 12.
- 65) 山田光男・江原 薫 (1952): 蜂による赤クローバーの授精に関する研究. 北農試報告 45.
- 66) 安田貞雄 (1947): 高等植物生殖生理学. 東京. 養賢堂.

Summary

It is well known that aborted seeds are frequently found in matured fruits of seed plants, and that as a result the rate of seed production is lowered. When no seeds are produced because of insufficient sexual reproduction in seed plants such a phenomenon is called sterility in a wide sense. In a previous paper it was reported that the following causes would induce sterility (SHISA, 1934):

- (1) Impotence
- (2) Incompatibility
- (3) Destruction of embryo
- (4) Failure of seed-germination and insufficient growth after seed-germination

However the cause (4) above-mentioned is related to the seeds produced under some insufficient conditions, and the causes of sterility induced in the

process of seed development are included from (1) to (3).

The present investigations were initiated to determine the role of causes of seed abortion from the morphological point of view. The work was conducted at the Hokkaido University in Japan from 1951-1960. The materials for this study are the following 11 species of *Leguminosae*.

- (1) Plants producing one-seeded pod
 - a. Red clover (*Trifolium pratense* L.)
 - b. Hungarian clover (*T. pannonicum* JACQ)
 - c. Crimson clover (*T. incarnatum* L.)
 - d. Subterranean clover (*T. subterraneum* L.)
 - e. Kidney vetch (*Anthyllis vulneraria* L.)
 - f. Sweet clover (*Melilotus alba* DESR)
- (2) Plants producing multi-seeded pod
 - g. White clover (*T. repense* L.)
 - h. Alsike clover (*T. hybridum* L.)
 - i. Common vetch (*Vicia sativa* L.)
 - j. Hairy vetch (*V. villosa* ROTH.)
 - k. Pea (*Pisum sativum* L.)

The materials for embryological observations were killed and fixed in Formalin Acetic Alcohol. After imbedding in paraffin, sections were cut with thickness of 10 to 15 μ , and stained with Delafield's haematoxylin. The results obtained were summarized as follows:

I. The material plants were classified in the following 4 groups, by the pattern of aborted seeds in the pod.

(1) Plants, in which the occurrence of aborted seeds was most frequent at the basal position in the pod.

Red clover, Hungarian clover, Crimson clover, Subterranean clover, Kidney vetch

(2) Plants, in which the occurrence of aborted seeds was most frequent at the apical position in the pod.

Sweet clover

(3) Plants, in which the occurrence of aborted seeds was most frequent at both basal and apical positions in pod.

Pea, Common vetch, Hairy vetch

(4) Plants, in which there was no marked tendency with respect to the occurrence of aborted seeds.

Alsike clover, White clover

II. Considerable abnormal ovules in which the embryo-sac was not normally formed were found in Red clover, Hungarian clover and Sweet clover.

Thus, the main cause for non-fertilization may be laid at the door of embryo-sac failure in these plants. At the same time, such a tendency was not recognized in the other plants.

III. It was shown that the difference of rate of aborted seeds with respect to each position in the pod was induced by collapse of fertilized ovules, because no relation was recognized between position in the ovary and ovule fertility.

IV. One-seeded pods, when matured, contain only one seed in it, while the ovary has more than two ovules at its young stage. Experiments were undertaken to determine the causes concerned in the formation of one-seeded pods from multiovuled ovaries.

(1) When all but one ovule failed in fertilization and the ovaries contained only one fertilized ovule, these ovaries should grow into one-seeded pods. But insofar as this experiment was concerned, such a case was not observed.

(2) Even if the ovaries contained more than two fertilized ovules, such ovules never developed evenly and all but one were arrested in their growth, and thus the ovaries grew into one-seeded pods. It may be said that the majority of one-seeded pods were without doubt induced by this cause. The degeneration of fertilized ovules began from the proembryonal stage after fertilization, and one-seeded pods were confirmed at about the cotyledonous stage.

V. When Pea and Common vetch were used as materials, and the dry weight of each aborted seeds which were taken from the matured pods, were compared with the average dry weight of the normally growing ovules collected at various stages after flowering, it was presumed that the majority of aborted seeds would occur within 10 days after flowering. In addition, embryological observations clearly demonstrated the above-mentioned presumption. In other words when the embryonal develop-

ment of undeveloped fertilized ovules were observed and compared with normally developing ones, it was shown that in the majority of them the normal embryonal development was arrested before the 10th day after flowering. In normally developing ovules the cotyledon began to differentiate on 5th to 7th day after flowering which elongated on 10th day. Thus, the degeneration of fertilized ovules in multi-seeded pods was similar to the state observed in one-seeded pods.

VI. Using Pea as material several methods of treatment were carried out in order to determine the causes of occurrence of aborted seeds which were found most frequently at both basal and apical positions in a pod. Treatment carried out were as follows:

Treatment 1: to control the light intensity by covering plants with lawn

Treatment 2: to control the number of leaflets by removal of leaflets

Treatment 3: to control the number of ovules by killing the medium ovules in pod

Treatment 4: to control the number of pods by removal of pods

(1) Treatment 1 and 2 were carried out to decrease amounts of assimilation of products. As a result of the treatments, the rate of aborted seeds increased.

(2) Treatments 3 and 4 were carried out to increase the volume of assimilation of products supplied to pods or ovules remaining. As a result of the treatments, the rate of aborted seeds decreased at both end positions in pod.

Thus, it was confirmed that the difference in occurrence of aborted seeds as seen between basal plus apical positions and intermediate positions would be caused by their competition on absorbing water and nutrients after fertilization.

写 真 説 明
Explanation of Plates

Plate 1-9: Red clover

Plate 10-12: Sweet clover

Plate 13-28: Pea

1. 赤クローバー。開花当日の子房で胚珠2粒を包含している。上方は先端部胚珠(花柱側), 下方は基部胚珠(花柄側)。 ×30

Plate 1. Young ovary including two ovules. Upper is apical, and lower is basal end of ovary. Flowering day. (×30)

2. 同上, 開花後3日の子房で先端部胚珠のみ発達し, 基部胚珠(矢印)は発達を停止している。 ×30

Plate 2. Young ovary, shows the apical ovule normally developing and the basal one degenerating. 3rd day after. (×30)

3. 同上, 正常胚珠, 胚嚢が形成され, 珠孔部端に卵装置を有する。開花当日。 ×160

Plate 3. Normal ovule, shows the egg apparatus at the micropylar end of embryo-sac. Flowering day. (×160)

4. 同上, 異常胚珠。胚嚢形成が不完全で, 胚嚢のあるべき部分が珠孔組織で占められている。開花後2日 ×160

Plate 4. Abnormal ovule failed in embryo-sac formation. Embryo-sac is replaced by nucellus. 2nd day after. (×160)

5. 同上, 前胚分裂期で発育を停止した胚で, 細胞は空胞化している。開花後3日。 ×160

Plate 5. Undeveloped proembryo, the cells vacuolate. 3rd day after. (×160)

6. 同上, 前胚分裂期の胚。開花後2日。 ×160

Plate 6. Normally developing proembryo. 2nd day after. (×160)

7. 同上, 組織原分化期の胚で, 球形を呈す。開花後3日。 ×160

Plate 7. Normally developing proembryo, shows the ball shape. 3rd day after. (×160)

8. 同上, 子葉分化期の胚で, ハート形を呈す。開花後4日。 ×160

Plate 8. Embryo at the stage of cotyledon differentiation, shows the heart shape. 4th day after. (×160)

9. 同上, 子葉伸長期の胚。開花後5日。 ×30

Plate 9. Embryo at the stage of cotyledon elongation. 5th day after. (×30)

10. スイート・クローバー。開花当日の子房で胚珠4粒を包含している。上方は花柱側で下方は花柄側。 ×30

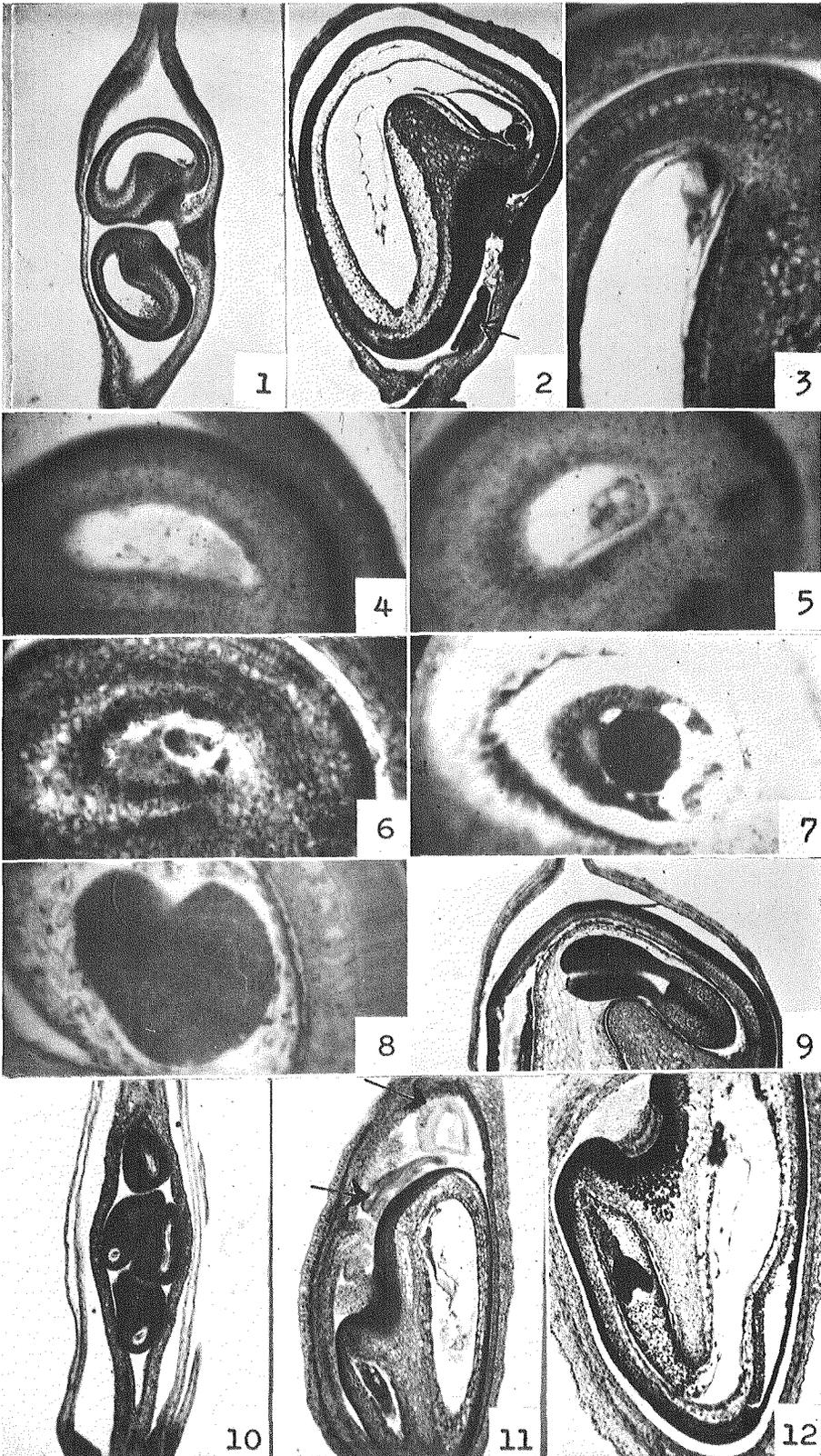
Plate 10. Young ovary including four ovules. Upper is apical, and lower is basal end of ovary. Flowering day. (×30)

11. 同上, 開花後6日の子房で基部胚珠のみ発育し, 他の胚珠(矢印)は発育を停止して1粒化が確定している。 ×30

Plate 11. Normally growing ovary, all but one ovule(basal) degenerate. Thus, one-seeded pod is confirmed. Allows show the degenerate ovules. 6th day after. (×30)

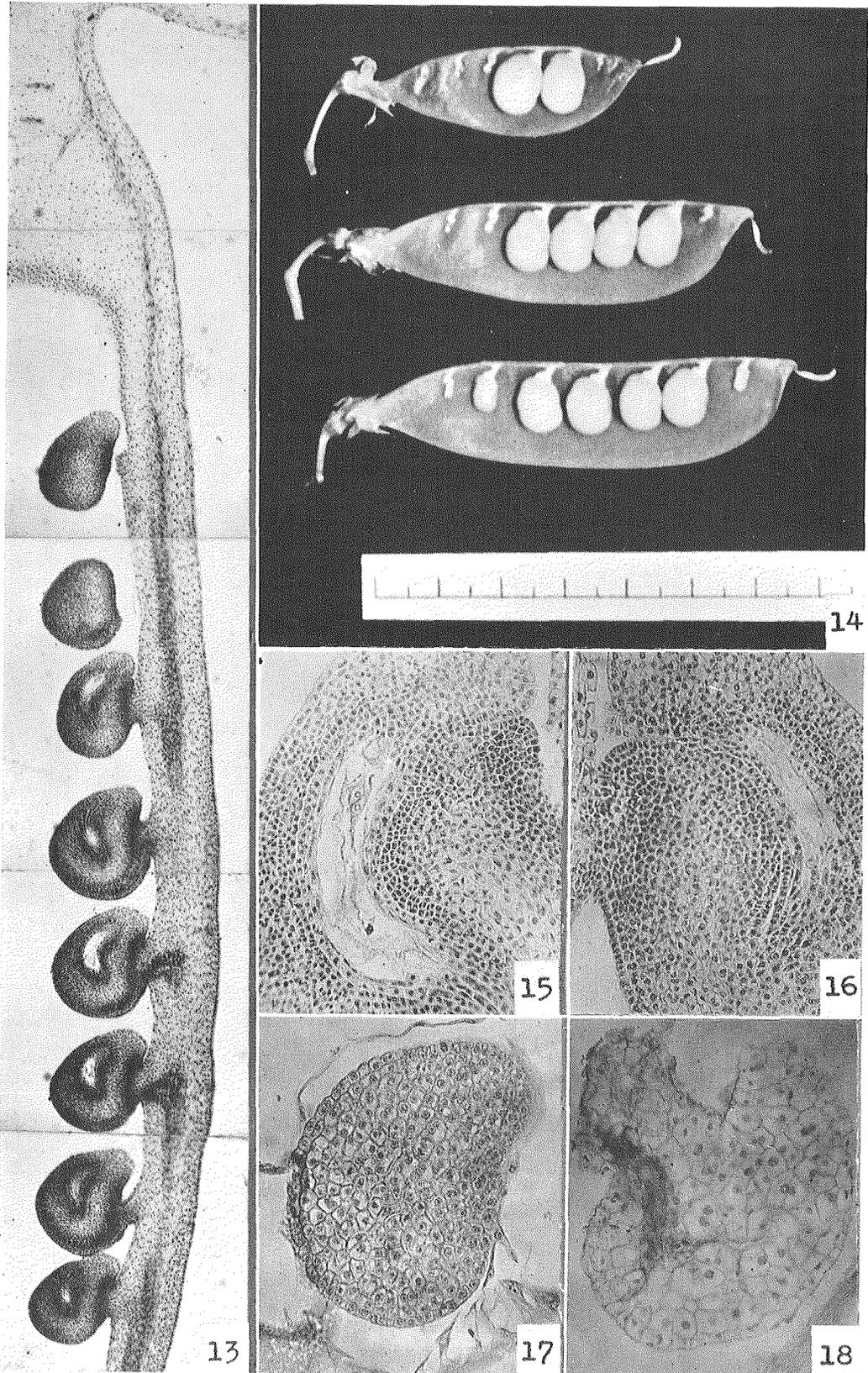
12. 同上, 開花後10日の子房で1粒のみが発育して子房内に充満している。胚は胚嚢彎曲部への中間位置まで押し出され, 子葉分化期でハート形を呈す。 ×30

Plate 12. Normally growing ovary, only one ovule develops and fills in the ovary. Embryo at the stage of cotyledon differentiation, placed at the bend of embryo-sac, shows the heart shape. 10th day after. (×30)



写 真 説 明
Explanation of Plates

13. 豌豆。開花前日の子房。胚珠8粒を包含し、上方は花柱側で下方は花柄側。 ×30
Plate 13. Young ovary including eight ovules. Upper is apical, and lower is basal end of ovary. Day before flowering. (×30)
14. 同上、開花後15日の莢。何れも8粒胚珠を包含しているが、中央部胚珠のみ發育して両端部胚珠は發育を停止している。 ×1
Plate 14. Normally growing pods including eight ovules. Medium ovules in pod develop, and ovules at both end positions are aborted. 15th day after. (×1)
15. 同上、正常胚珠。胚嚢が形成され、珠孔部端に卵装置を有する。開花前日。 ×160
Plate 15. Normal ovule, shows the egg apparatus at the micropylar end of embryo-sac. Day before flowering. (×160)
16. 同上、異常胚珠。胚嚢形成が不完全で、卵装置を有しない。開花前日。 ×160
Plate 16. Abnormal ovule failed in embryo-sac formation, has no egg apparatus. Day before flowering. (×160)
17. 同上、開花後5日の正常胚で、ハート形を呈し子葉分化期である。 ×160
Plate 17. Embryo at the stage of cotyledon differentiation, shows the heart shape. 5th day after. (×160)
18. 同上、開花後15日の莢で見出された發育停止胚珠の胚。正常胚の開花後5日の状態(17参照)で發育を停止し、細胞は崩壊している。 ×160
Plate 18. Undeveloped embryo, when compared with normally developing embryo on 5th day after flowering (shown in Plate 17), the cells vacuolate and degenerate. 15th day after. (×160)



写 真 説 明

Explanation of Plates

19. 豌豆。前胚分裂期の胚で、細長い胚柄が分化されている。開花後1日。 ×160

Plate 19. Normally developing proembryo, shows the suspensor. 1st day after. (×160)

20. 同上、前胚分裂期の胚で、胚柄は伸長し、胚は胚嚢彎曲部まで押し出されている。開花後2日 ×30

Plate 20. Normally developing proembryo, placed at the bend of embryo-sac. 2nd day after. (×30)

21. 同上、組織原分化期の胚で、球形を呈す。開花後3日。 ×30

Plate 21. Normally developing proembryo, shows the ball shape. 3rd day after. (×30)

22. 同上、子葉分化期の胚で、ハート形を呈す。開花後5日。 ×30

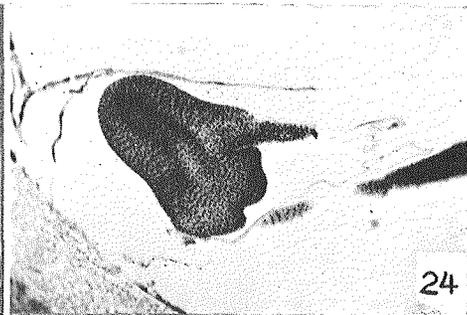
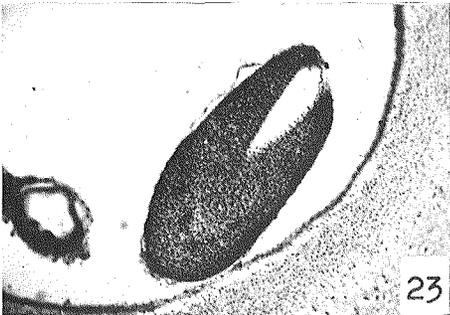
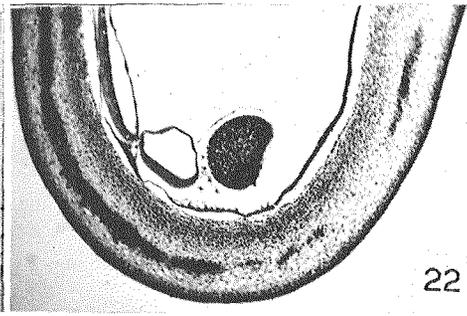
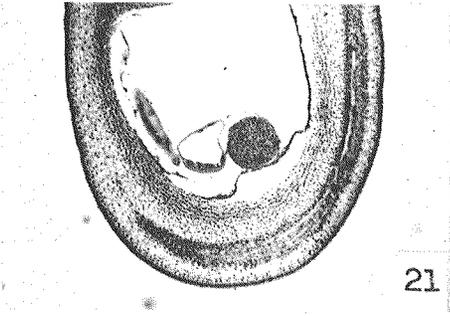
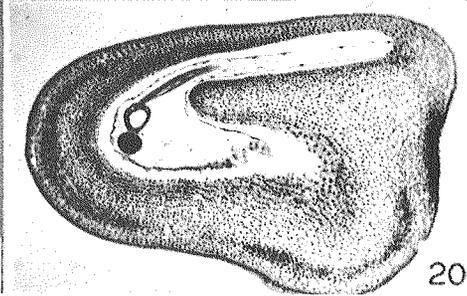
Plate 22. Embryo at the stage of cotyledon differentiation, shows the heart shape. 5th day after. (×30)

23. 同上、子葉伸長期の胚。開花後6日。 ×30

Plate 23. Embryo at the stage of cotyledon elongation, 6th day after. (×30)

24. 同上、初葉分化期の胚。開花後日7同。 ×30

Plate 24. Embryo at the stage of 1st leaf differentiation. 7th day after. (×30)



写 真 説 明

Explanation of Plates

25. 豌豆, 中央部 4 個の胚珠が針で刺殺され, 発育停止処理された莢。上より下に開花後 4 日, 7 日, 10 日, 13 日処理莢。 ×2/3
Plate 25. Young pods treated by killing the medium four ovules. From upper towards lower, each is on 4th, 7th, 10th, and 13th day after flowering. (×2/3)
26. 同上, 開花後 7 日に中央部胚珠を発育停止処理された莢の成熟期の状態。最上位は無処理莢。 ×2/3
Plate 26. Pods at matured stage, treated on 7th day after flowering. Upper two pods are checked. (×2/3)
27. 同上, 写真 26 の内部, 最上位の無処理莢は中央部胚珠が稔実しており, その他の処理莢は両端部胚珠が稔実している。 ×2/3
Plate 27. Inner state of Plate 26. Upper two pods are checked, in which ovules at both end positions are aborted. But in treated pods, they are developed to normal seeds. (×2/3)
28. 同上, 開花後 13 日に中央部胚珠を発育停止処理された莢の成熟期の状態。最上位は無処理莢で中央部胚珠が稔実しており, その他の処理莢は全胚珠共不稔で処理の無効を示している。 ×2/3
Plate 28. Pods at matured stage, treated on 13th day after flowering, show that treatment is ineffective. Upper pod is checked. (×2/3)

