

沈學年著

作物育種學汎論

竺可楨題



## 第六章 植物繁殖法與育種之關係

植物之繁殖方法及授粉作用與育種有密切關係。蓋自花授粉之作物，其品種改良工作，顯然不能與自花不實之作物相同；雄雌同花植物之育種方法，斷不能與雌雄異花或異株之植物相同；有性繁殖植物與無性繁殖植物又不能用同一育種方法改良品種。由此言之，吾人於實施作物育種工作之先，對於該作物之授粉及繁殖方法，不可不加以研究焉。例如小米前人以為自花授粉作物，育種方法與小麥相同；以勞而無功。今則發現其為常異交作物，育種方法應與高粱相同。故前此之張冠李戴，不合育種原理者，因於着手育種之先，未研究小米之授粉作用故也。

夫植物之繁殖方法，大別為有性與無性兩類。農藝作物以有性繁殖者居多，園藝作物則大半為無性繁殖。彼有性繁殖之作物，因授粉方法不同，又可分為自花授粉、常異交、及天然雜交三類。此數類作物之育種工作，原理同而方法不同。茲分述各類作物之繁殖法與其育種關係如

### 第一節 天然自花授粉植物

#### 一 天然自花授粉植物之特徵

天然自花授粉植物(Naturally Self-pollinated Plants)者，於自然環境中恆行自花受精者也。然亦非絕無異交之情形，不過其機會極少耳。一般言之，凡植物之天然雜交率小於百分之四者，即謂之天然自花授粉植物。屬於此類之作物，如小麥、大麥、水稻、粟、亞麻、馬鈴薯、花生、豌豆、綠豆、蠶豆、菜豆、番茄、辣椒等。概言之，麥類、豆科、茄科作物之大部，為天然自花授粉植物。茲分別以一例說明之：

#### A. 小麥

小麥每花有內外二穎，嚴密包裹，中有雌蕊一枚，雄蕊三枚。雌蕊

之柱頭二歧，成羽毛狀，內穎基部之對面，有細小之鱗片（Lodicules）二枚。柱頭成熟時，鱗片吸收水份，體積增加，乃使花開放，雄蕊之花絲伸長，伸出穎外，於是花粉囊破裂而受精。隨後又復關閉，雄蕊乃枯萎於外，開花之時間極短，甚少超過二十分鐘者。雷特（Leighty）及郝却遜（Hatcheson）二氏於美國紐約州之依色加（Ithaca）地方觀察小麥之開花習性，謂內外穎自始開至完全開放，所需之時間，不足一分鐘；花粉囊破裂而散出花粉之時間，亦僅二三分鐘；迄內外穎復關閉，總計不過15至20分鐘而已。

由是可知小麥之花部，有內外穎嚴密保護，他花之花粉不易入內；而開花之時間又極短，花開放之頃刻，雌蕊即已受精矣。甚少異交之機會，宜其為天然自花授粉作物也。

大麥、燕麥、水稻等花部之構造，與小麥相類似，故同屬天然自花授粉作物。（花器構造見附圖）

## B. 大豆

大豆之花呈蝶形，花瓣五枚：旗瓣在前方，形最大，未開花時，包圍其餘四花瓣；翼瓣二片在兩旁，如蝶之二翼；龍骨瓣二枚，緊貼密合。其內有雌蕊一本；雄蕊十本，九本聯合，餘一本則單獨分離。雌蕊位於十本雄蕊之中央，與雄蕊齊平。通常花未開放以前，受粉作用即已完成矣。（花器構造見附圖）

由是可見大豆之花，有旗瓣及龍骨瓣內外嚴密掩護，雌蕊又為雄蕊所包圍，不能露外，且花未開放前，即已受精。故雖有昆蟲之探訪，其異交之機會亦極少也。

其他各種豆類除蠶豆等外，花部構造及受粉情形，與大豆無異，故常為天然自花授粉作物。

## C. 番茄

番茄屬茄科，其花瓣管狀，五裂或五裂以上，呈硫黃色。雄蕊通常為五枚，亦有五枚以上者，密切緊抱雌蕊，成一圓錐體，而位

於花之中央。約於開花二日內，則花粉囊開裂，花亦下垂。故利於天然自花授粉。蓋花粉成熟時，雌蕊乃立即伸長，穿出雄蕊之圍繞，略位於花粉囊之下，故花粉極便於散落於其上。此為天然自花授粉之第一原因。再則，花粉囊之先端內側有一小孔，花粉粒即由此孔散出，且僅能由此孔散出，故自株之柱頭特別易於接受自株之花粉。此為天然自花授粉之第二原因。花粉之散佈既不易，花粉粒亦不多，以是風媒困難。據芬克(Fink)氏證明，番茄中風媒之機會不能發生，此為天然自交之第三原因。番茄為天然自交之第四原因則因番茄無豔麗之花色及特殊之香味，以是虫媒而致成天然雜交之機會亦少。據芬克氏觀察，唯一探訪番茄之昆虫為工蜂而已。基於此數原因，番茄乃成為天然自花授粉作物。瓊斯氏於花柱甚短之矮生香檳品種中，發現其天然雜交率僅2—4%。而李斯萊(Lesley)則謂番茄之天然雜交率僅0.58%云。

其他如烟草、馬鈴薯等其情形類似番茄，故均為天然自花授粉作物。(花器構造見附圖)

綜上所言，吾人可見天然自花授粉植物，其所具備之特徵如下：

：

1. 雌雄同花。
2. 花器保護嚴密，他花之花粉不易侵入。
3. 開花之時間極短。
4. 雌雄蕊同時成熟。
5. 花於開放前多已受精。
6. 雌雄蕊之長度相仿。
7. 花無特殊之香味。

## 二 天然自花授粉植物之育種性質

由上觀之，天然自花授粉作物，恆以自株之花粉與自株之胚珠結合

，故其遺傳組織極為純潔，每一植株概為同質接合體。若以單株繁殖之，即成一純系。吾人如去自然界觀察，此類作物雖亦有種種變異，然不過為各純系之機械混雜，若各別選取而種植，即可分離而為純系，其後代之外觀性狀與內在之因子組織均為一致。除發生突變外，不致改變其性質。故吾人如將自然界之純系分離而比較之，無需人工自花授粉，即可育成優良品種，法甚簡易。且優種推廣後，除機械混雜外，不致有退化或失去本性之現象。故保持純度亦較容易。

若自然界分離而得之純系，猶不足饜吾人之希望時，復可用雜交法連合數純系之優點。在雜種後代中分離純系，亦甚迅速。蓋因其為自花授粉作物，繁殖若干代後，異質接合子即逐漸減少，吾人易自後代中選得合乎理想之純種也。

由是可見天然自花授粉作物於育種時，有下列諸特點：

1. 遺傳組織簡單——自然界之單本恆為純系，不過為機械混雜而已。
2. 分離純系極易——單株或單穗分別種植後，即可分離純系，不必行人工自交。
3. 分離純系極速——雜交後代如用系譜法繁殖之，三四代後，即可分出純系。
4. 保持純系極易——因不易發生天然雜交，故優種推廣後，性狀甚為固定。

### 三 天然雜交百分率之測定法

上述所謂天然自花授粉作物或天然雜交作物等，亦非一定不變者，常因時、因地、因品種而異。例如小麥，列入天然自花授粉作物類，據狄佛利(DeVries)氏、畢芬(Biffin)氏、弗列維斯(Fruwirth)氏等研究，均謂小麥之天然雜交率甚低。納爾遜愛爾在瑞典研究，謂小麥之天然雜交率因品種而異。據美國米尼蘇達農事試驗場報告，小麥天然雜交百分率平均至少有2—3%。派華爾(Powers 1932)舉行小麥抗程銹病試驗時，證明 Marquillo 小麥有7.2%之天然雜交率。由此可知小麥之天然雜交

亦可超過4%，應屬常異交作物。棉花為常異交類，然蕭輔氏在杭州研究中棉之天然雜交率為1.6%；吳步青氏在南通研究僅得1.3%，則中棉又成為天然自花受精作物矣。由是以觀，作物之天然授粉情形，常因地、因種而異，須待實際測定，殊不可一概而論也。

研究天然雜交率之方法，甚為簡單。瓊斯(Jones)氏在美國康乃得克農事試驗場，以高矮不同之兩種番茄，互相間植，成熟後只收矮品種之種子。因矮品種為隱性；高品種為顯性，如高品種之花粉落於矮品種上，則矮品種所產後代中，必有高品種發現。結果在1270單株中有43或2%株為高品種，可見番茄之天然雜交率小於4%，堪稱為自花受精植物。

施蒂文生(Stevenson 1928)氏研究大麥之天然雜交百分率，以白穎及黑穎之二種大麥為材料，交互播種於短行中。因黑穎為顯性；白穎為隱性，成熟後只收割白穎品種之種子，以作翌年播種之用。成熟時記載白穎品種中黑穎之植株，即可決定大麥天然異花授粉之百分率，茲摘錄施氏三年之結果如下：

年 份	白 穎 植 株 數	黑 穎 植 株 數	天 然 雜 交 百 分 率
1924	2878	1	0.01
1925	1600	2	0.13
1926	2012	3	0.15

表二十一 大麥天然雜交百分率

由此可知大麥之天然雜交百分率甚小。其他作物欲研究其天然雜交百分率，亦可選擇兩個品種之具有完全顯性之相對性狀者為材料，相間栽培，然後繁殖隱性植株上之種子，而記載其後代中所發現之顯性植株，即可算出該植物之天然雜交百分率。

## 第二節 常異交植物

### 一 常異交植物之特徵

常異交植物 (Often Cross-pollinated Plants) 者，其天然雜交之百分率甚高，然不能超過自花受精之百分率。質言之，其天然雜交百分率大於4%而小於50%。屬於此類之作物，有高粱、小米、棉花、蠶豆、苜蓿、洋苜蓿 (White Sweet Clover) 等。茲舉一二例以明瞭其特徵如下：

### A. 高粱

高粱之花排列成複總狀花序，開花之次序，由穗之上部而中部而下部，每穗需三四日始能開放完畢。花部之構造，大體上與其他禾本科植物相似，外有護穎及內外穎保護。內有雄蕊三枚，雌蕊一枚。柱頭二裂，為羽毛狀。惟其開花之時間頗長，花粉囊於未破裂前，即已伸出穎外，雌蕊亦伸出，在穎外授粉，以是其異花授粉之機會乃較高。

高粱之穗有密穗、散穗之分，據格拉哈 (Graham) 氏於印度試驗之結果，謂散穗種之天然雜交百分率遠較密穗種為高。據七年平均之結果，散穗種之天然雜交百分率為6%，屬常異交類；而密穗種則僅0.6%，則又可屬天然自花受精作物矣。

由是觀之，高粱雖為雌雄同花，花器亦頗叢密，一如小麥，惟以開花期較長，雌蕊與雄蕊在穎殼外授粉，遂成為常異交作物。小米之情形亦如斯。(高粱花器構造見附圖)

### B. 蠶豆

蠶豆亦屬豆科，其花部之構造，初無異於大豆，以是人咸以天然自花受精作物視之。但經華興熊氏報告，始知為常異交作物。其天然雜交百分率，三年來平均高至32.9%，殊出人意外也。

據華氏之意，其原因似由於蜜蜂傳粉。每當天晴花放，蜜蜂之採集頻繁，故異花受粉之機會極多。良以蠶豆開花之時，正當春暖花開，蜂蝶活躍時也。據氏觀察花期內每半小時間，每株蠶豆誘集之蜜蜂平均達926次。且蠶豆開花時期頗長，每花自花粉囊破裂至

花冠萎縮，恆須七八日以上，亦使異花受精之機會加多。由是觀之，蠶豆雖為雌雄同花，花器叢密，一如大豆，惟以蜂蝶訪問頻繁，花期特長，遂成為常異交作物也。（蠶豆花器構造見附圖）

### C, 棉花

棉花之花部構造與茄科植物相似，展佈甚大，而不密閉。然何以一則為天然自花受精作物，一則為常異交作物耶？蓋棉花之雄蕊，多數集合而成筒形；雌蕊一枚，位於雄蕊之中央，且高於雄蕊，以是自花之花粉，乃不易落於自身之柱頭上。此實為常異交之一主要原因。再則，棉花之花色鮮豔，且有蜜腺，易於招致蜂蝶而助成天然雜交。（棉花花器構造見附圖）

綜上所言，吾人可見常異交作物所具備之特徵如下：

1. 雌雄同花。
2. 雌雄蕊恆伸出於花外而授粉。
3. 花瓣恆開展。
4. 雌雄蕊之長短不一致。
5. 花色常鮮豔，並能分泌蜜汁。

雖然，常異交作物之天然雜交率之高低，常因氣候、環境及品種而異。如當地蜂蝶衆多，或開花時天氣晴朗，風和日暖，則天然雜交之機會較多；如多雨而蜂蝶較少之地，則天然雜交之百分率即低。種間之差異亦頗大，例如陸地棉之天然雜交率恆較埃及棉為高。

## 二 常異交作物之育種性質

常異交作物之天然雜交百分率既甚高，可見在自然情況下生長者，其遺傳組織必甚為複雜。故吾人不能如天然自花授粉作物之選取優良之單本而繁殖之，即得優良之品種。蓋其遺傳組織既極複雜，其性狀必不固定，外觀性狀優良者，內部難免藏有隱性之劣質因子，故其後代必起分離現象。於是優者之後代遂未必優，而劣者亦未必全劣矣。是故吾人於育種之初，必先行人工自交，以固定性狀，造成純系。雖然，常異交



作物之遺傳組織甚為複雜，然其主要性狀多由同質因子組成，故直接由自然界選取之材料而比較其優劣，其結果尙無大謬。所可慮者，比較試驗時，各品種相互種植，雜交之機會必甚多，欲免彼此混雜而致退化，則每品種自交若干株以充下年度種子之用。於是常異交作物育種時，人工自交與比較試驗常同時進行。人工自交之目的：一為分離純系，固定性狀；一則防品種間彼此之混雜也。比較試驗之作用，則無異於天然自花授粉作物內所行者。

若干植物於人工自交後，其後代之生長勢常致減低。常異交作物育種時，既需要人工自交，則此項問題，殊不可不加以注意也。

沈宗瀚、孫仲逸二氏曾用高粱為材料，行人工自交，歷四年之久，其結論如下：

1. 高粱人工自交後，產量之豐歉、植株之高矮、抽穗之遲早、每株之穗重、粒之百分率及粒之重量等種種重要性狀，均不受影響。
2. 人工自交後之種子，較未人工自交者略小，此實由套袋之結果，非由於自交使然也。
3. 各自交品系因繼續自交之結果，遂成差異顯著之品系。

郝欽銘氏研究小米自交之影響，其結論如下：

1. 小米經數代自交，其種子產量、植株高度、穗之長短、種子大小及分蘗多寡等性狀，與未加人工自交者較，毫無差異，更無劣化情形。
2. 多年自交之後，再無分離現象。此顯示小米因子型之異質結合不多也。

勃朗(Brown. H. B.)、栗克(Leake H. M.)、凱納(Kearney T. H.)及我國各棉場之研究報告，均謂棉花人工自交後無害。且能使劣者乘分離之機會，而淘汰淨盡。

茲將凱納(Kearney)氏之以巴馬棉(Pima Cotton)為試驗材料，

研究人工自交繼續若干代後之影響，列表於下：

集團	研究 花數	棉鈴脫落 百分數	每鈴成熟 種籽平均數	百粒種籽之 平均重量(克)	種子發芽 百分數
自交	296	11.8±1.3	17.2±0.12	13.6±0.04	90.8±0.8
天然 授粉	367	8.4±1.0	17.1±0.12	13.4±0.03	90.2±0.9
相差		3.4±1.6	0.1±0.17	0.2±0.05	0.6±1.2

表二十一 巴馬棉農家種與其七代自交系之隨機取樣比較結果

集 團	棉 鈴 數	籽 棉	纖 維 指 數
自 交	105	3.22±0.21	4.90±0.27
天 然 授 粉	115	3.04±0.06	5.12±0.03
相 差		0.18±0.22	0.22±0.27

表二十二 棉鈴重量及纖維指數之比較

集 團	棉 鈴 數	長 度 (m.m.)	直 徑 (m.m.)
自 交	25	46.6±0.59	26.8±0.19
天 然 授 粉	25	45.7±0.80	26.1±0.19
相 差		0.9±0.37	0.7±0.27

表二十三 棉鈴體積之比較

由上列各表觀之，自交對於棉花後代無甚影響。故人工自交，可以應用，而無減少其生長優越勢之虞。其他各種常異交作物，亦均證明人工自交無害，不復贅述。

綜上所言，常異交作物，於育種時有下列諸特點，可令我人之注意

1. 遺傳組織較複雜，但主要性狀多在同質狀態。

2. 欲分離純系，固定性狀，必行人工自交。
3. 欲保存純系，避免混雜，必行人工自交。
4. 人工自交後，對於後代之生長勢無害。

由是觀之，常異交作物之異於天然自花受粉作物者，為分離純系及保持純系之工作，須藉人力方能達成之。然人工自交對於其後代之生長勢，毫無妨礙。故吾人育種時，除須於種子區中行人工自交以固定性狀防止異交外，其他原理與方法，與天然自花授粉作物，全然相同也。

### 第三節 天然異花授粉植物

#### 一 天然異花授粉植物之特徵

天然異花授粉植物 (Natural Cross-pollinated Plants) 在自然情況下，恆藉風媒、虫媒等以行異花授粉者也。實言之，其天然雜交率高於百分之五十者，吾人謂之天然異花授粉作物。屬於此類之作物，有玉蜀黍、黑麥、金花菜、向日葵、十字花科蔬菜、大部份果樹、葫蘆科之瓜類、一年生及多年生之多種牧草，以及蛇麻 (Hops)、菠菜、桑樹、石刁柏等，茲舉例說明如下：

##### A. 黑麥

黑麥之花與小麥、大麥者極相似，每一花有內外穎保護。雄蕊三枚，雌蕊一枚，隱伏其中。據赫爾特布朗 (Hildebrand) 氏觀察，開花時雄蕊自穎殼中伸出甚長，伸出之後，花粉囊始破裂而散出花粉，然以雄蕊位置較雌蕊之柱頭為低，以是同花之花粉，乃不能達到柱頭，遂有自花不孕之現象，而成為天然異交作物。烏列希 (Ulrich)、弗列維斯 (Fruwitt) 等均曾證實黑麥有自花不孕性，然因小穗之各花間則能結實，故如將整個穗套袋自交，即可得出自交種子也。

他如向日葵、金花菜、十字花科之蔬菜，其花部之構造雖異於黑麥，然成為天然自花受粉作物之原因則相似，均由於自花不實。向日葵久已知其有自花不實性，惟漢密爾頓氏 (Hamilton) 亦曾發

現自花可孕性甚高之品種。要之，其自交率，究不及天然雜交率之高也。金花菜異交率之高，亦由於自花不孕性。歐爾特氏（Eleters）、坎克氏（Kirk）等以棉花或牛皮紙袋包其花序令自交，均僅得甚少之種子。十字花科植物之自花不孕性，其原因有二：一係由於形態的原因，即雌雄蕊之長度不一致，自花之花粉不易達於自花之柱頭上。若僅此種原因，則可由同一株其他各花花粉授粉，其天然雜交率猶不致太高。然另有一種生理原因，同一性質之柱頭能抑止同一性質花粉之發芽伸入，由於此種原因，十字花科植物天然雜交之百分率極高，且人工自交亦不易成功。

上述數種作物，可以黑麥為代表，均為雌雄同花，惟因自花有部份或絕對之不孕性，因是而成天然異交作物。亦即此類作物成為天然異花授粉之原因，乃由於自花有不孕性。至於自花不孕性之原因，將於第十二章詳論之。

#### B. 玉蜀黍

玉蜀黍雄花成總狀花序，生於植株之頂端。每一雄花有雄蕊三枚，花絲甚短，藏於內外穎內，待花粉成熟，花絲即伸長，露出穎外，花粉囊即開裂，藉風力而散佈花粉。

雌花成穗狀花序，生於葉腋間，稱曰果穗（Ear）。每一雌花有雌蕊一枚，花柱成絲狀，亦曰花絲（Silk），成熟時花絲伸長而露出於苞外。通常花絲伸長後二至四日，雌蕊始成熟。

玉蜀黍一因雌雄異花；復因雌雄花並不同時成熟，以是成為著名之天然異花授粉作物。弗羅維斯氏（Fruwith）曾將二種玉米遠隔離種植，已足避免雜交。然在未套袋之植科中，仍發現24%天然雜交。諾斯（Knuth）氏報告玉蜀黍上部之果穗，自花受粉者有16%；而下部者僅4%而已。

瓜類所以成為天然異花授粉之原因，亦如玉蜀黍。蓋瓜類亦為雌雄同株而異花，且常藉昆蟲以傳粉，自花授粉後常有不實現象。

其天然雜交率之高，自無疑問也。

故此類作物可以玉蜀黍為代表，列為一類，其所以成天然異交作物者，主要原因由於雌雄異花也。雌雄蕊既非同處一花中，則欲限同株之花粉落於同株之柱頭上，不亦難矣哉！況復有自花不孕等原因乎？

### C. 大麻

大麻屬桑科，為雌雄異株植物（Dioecious Plants）。雄株莖細而短；雌株莖粗而高。雄株葉狹而色淡；雌株葉廣而色濃。雄株開花於葉梢，呈複總狀序，每一雄花具五雄蕊；雌株開花於葉腋，呈穗狀花序，具雌蕊一枚。雌株成熟較早，與雄株相差一月左右。此種植物，既屬雌雄異株，同一植株並不能同時產生二種花器，無所謂自花授粉，端賴他株之花粉，始能結實。其情形頗如雌雄同花或雌雄同株異花之自花絕對不孕性者。

屬於此種情形之作物，有桑樹、菠菜、石刁柏、蛇麻等。一言以蔽之，此等作物，所以成為天然雜交之原因，乃因雌雄異株也。

綜上所述，天然異花受粉植物所具之特性，可列舉如下：

1. 雌雄同花，但自花授粉為不孕性。
2. 雌雄同株異花。
3. 雌雄異株。

## 二 天然異花授粉作物之育種性質

天然異花授粉作物，因異花授粉之機會甚多，故生長於自然界情況下者，其遺傳組織極為複雜，大部因子在異質接合狀態。其外觀優者，後代未必全優；外觀劣者，後代未必全劣。故於育種之先，不能即行選取單株而即行比較之，應先行人工自交或近親繁殖，繼續多年，使異質因子型逐漸分離，成為性狀固定之自交系。然後始可真正比較其優劣。自交系育成之後，欲保存其純潔，則每年在種子區舉行人工自交，亦為必要之手續，凡此均與常異交作物情形相若也。

其所異於常異交作物者，即天然異交作物，凡經人工自交後，大多數作物，其生長勢大為衰弱，尤以前一二年為甚。茲以玉蜀黍為例說明之：衣司脫 (East) 氏於1905年開始舉行玉蜀黍之人工自交，繼續有30年之久。窮司氏 (Jones) 於1939年，將此三十年結果中之三個自交系所受自交之影響，列表如下：(表內以五年為一平均者，蓋欲控制各年季候的徬徨變異)

自交代數 (五年一組)	自交系1—6		自交系1—7		自交系1—9	
	高度 (英寸)	產量 (每英畝 英斗數)	高度 (英寸)	產量 (每英畝 英斗數)	高度 (英寸)	產量 (每英畝 英斗數)
0	117	81±7	117	81±7	117	81±7
1—5	87	64±11	81	51±7	77	41±5
6—10	97±1	45±12	84±1	36±5	82±2	34±4
11—15	97±3	38±4	84±2	34±3	83±2	26±2
16—20	88±4	22±4	85±3	24±3	75±4	14±3
21—25	81±2	20±6	75±3	21±3	71±3	13±2
26—30	92±3	24±9	80±2	18±4	77±3	9±4

表二十四 三個玉蜀黍自交系經三十代自花授粉後對於植株高度及種子產量之影響 (Jones)

由上表觀之，吾人確信玉蜀黍經人工自交後，生長勢有逐年減退之趨勢。此種現象，以產量之降低為最顯著。就自交系1—9而言，未自交時之產量為81英斗，經五年自交，即降低一半為41英斗。以後即逐年降低至自交三十代，僅每畝9英斗而已。高度則最前五年降低甚多，迨五年以後，則維持原狀。否則，如亦逐年減低，則此種自交系，將矮小至無法生存矣。玉蜀黍經人工自交後，除生長勢減退外，尚有多種退化現象：如雌花不實；雄花結籽；矮苗、白苗等，但此種植株均歸淘汰。玉蜀黍經七八年自交後，其因子型已趨純粹，堪稱純系。

由是觀之，天然異花授粉作物之行人工自交，或近親繁殖，有下列各種結果：

1. 減低生長勢（惟據Cummings及Jenkins二氏1928報告南瓜類（Squashes）經十年人工自交，對於產量毫無妨礙，惟可以分出許多產量高低不同之純系而已。）
2. 分離純系，固定性狀。
3. 淘汰劣性，保存優性。

第2、3兩點為吾人所希望者，亦即為人工自交之目的。但第一點則不利於吾人。蓋純系既經育成，若各純系因受自交之影響而生長衰弱，反不及原品種，則又育種之何由？是故天然異交作物，固須如常異交作物之行人工自交，然從自交系中選得之優種，並不能立即繁殖推廣，復須取優良之自交系行雜交，以恢復其因自交而失去之雜種優勢。此種理論當於第十三章中詳述之。

至此吾人可知常異交作物與天然異花授粉作物，雖同樣須行人工自交，其意義及方法，乃略有不同。常異交作物之人工自交，分離純系之作用小；而防止彼此間之混雜，保持純系之作用大。故人工自交，不過比較試驗時之附帶工作而已。天然異交作物人工自交之主要目的，乃為分離純系，然後繼之以比較試驗。亦即人工自交為獨立工作也。而最後繁殖推廣者，在常異交作物為自交後之純系種子；在天然異花授粉作物則為自交系雜交後之雜種。

綜上所言，天然異花授粉作物之育種性質，可歸納如下：

1. 遺傳組織極為複雜。
2. 必先行人工自交，分離純系而產生所謂自交系。
3. 自交系產生後始可比較優劣。
4. 人工自交系因生長勢減低，故須舉行雜交以恢復其生長勢。
5. 利用雜交第一代之雜種，供繁殖推廣之用。

上列各條為通常天然異交作物育種時所服膺之原則。然據此種原則

吾人預先行人工自交，然後繼以比較試驗。惟最近之育種法對此已有變更，即自交之手續可與比較試驗同時進行。良以自交工作手續極繁，費時極多，若立就輸入之品種或選集之單體，不問優劣，逕行自交，則未免冒昧。不如一面進行試驗比較，以觀察各品系之生產能力及其他性狀，選優汰劣；再一面將被選之優良品系加以自交，則事半功倍也。

人工自交固為天然異花授粉作物育種時之必要工作，但若該作物自花有絕對不孕性或為雌雄異株者，則人工自交或近視繁殖為無效時，惟有同時選擇優良之父母本，行有意義之人工雜交而已。

#### 第四節 無性繁殖作物

##### 一 無性繁殖作物之特徵

上述各種作物，無論為天然自花授粉作物，或天然異交作物，均係由雌雄生殖器官所產生之雌雄配偶子，結合後所生之種子以繁殖後代。我人統名之曰有性生殖（Sexual Reproduction）。然有若干種作物，無需雌雄配偶子之受精作用，僅分離體細胞之一部份以行繁殖者，此種繁殖法，稱曰無性繁殖（Asexual Reproduction）。其方法大別為嫁接（Grafting）、扦插（Cutting）、壓條（Layering）、分根（Division）等。屬於此類之作物，如馬鈴薯、甘藷、甘蔗及大部份果樹與花卉。

此等作物，或根本不能產生種子，非借無性生殖不可者，例如多種重瓣花之花卉。然亦有能開花結子，可以行無性及有性兩種繁殖者。此種作物，受粉時亦有自交與異交之分。無性繁殖作物可開花結實而行自花授粉者如馬鈴薯。馬鈴薯之莖有地上與地下兩種，地下莖之頂端，生腫脹之球，稱曰塊莖。其上有許多眼狀之芽，種之土中，每一芽即能長出一莖，而變成一新植物，通常即用此法以繁殖。馬鈴薯花部之構造，一如番茄，蓋同屬茄科也。以是亦為天然自花受精作物。果實球形，二室，每室有種子二、三百粒，播種後亦能長出新植株，惟生長不如無性繁殖之旺盛耳。



無性繁殖可開花結實而行天然異交者，如大部份薔薇科之果樹。此等果樹，花色鮮豔，香味濃郁，花部展放而雄蕊甚多，故蜂蝶叢集，致成極高度之天然雜交。吾人若以所結之種子種植，結果恆失去原品種之優性而退化。是故通常恆行嫁接等無性繁殖，始能保持其特性。

無性繁殖作物常發生芽變，即一部份體細胞發生突變，由該部細胞上所生之器官全現突變性狀，此吾人已於第四章中詳述之。美國加州農事試驗場之希米（Shamel）氏與鮑母魯（Pomeray）氏曾在蘋果中發現173個重要芽變，足見芽變發生之頻繁也。

無性繁殖作物，如行嫁接以繁殖時，常發生局部變異，即嫁接雜種，關於局部變異之意義，吾人前已詳述，茲不復贅。

綜上所言，無性繁殖作物之特點，可歸納如下：

1. 母體一部分細胞可藉扦插、壓條、分根、嫁接等方式而長成一新個體。
2. 大部份無性繁殖作物亦能行有性繁殖，且亦有天然自交及天然異交之分。
3. 極易發生芽變。
4. 嫁接後常發生局部變異。

## 二 無性繁殖作物之育種性質

無性繁殖作物既亦有天然自花授粉、天然異花授粉等情形，其遺傳組織亦應有由授粉之方法不同而異。惟以其行無性生殖，即為雜種，亦無分離機會。故自然界存在之無性繁殖系，堪稱純系。蓋不問其遺傳組織為純潔或複雜，凡後代均藉無性生殖維持者，親代之遺傳組織如何，後代亦應如何。毫無分離現象；一如自花授粉作物有性繁殖之結果。不過有性繁殖所用者為種子；而無性繁殖者，如馬鈴薯為薯塊（塊莖）；甘藷為塊根或莖；桃、李等則為接穗而已。其產生新個體之作用及效果，則毫無分別。以是無性繁殖之作物育種方法，可與天然自花授粉作物相類似。試以馬鈴薯為例說明之，馬鈴薯可以單穴或單薯為選擇之單位

，一如小麥之以單本或單穗為選擇之單位是也。由單穴或單薯之塊莖所產生之後代，性狀不起分離，一如由自花授粉單本後代所產生之純系，吾人名之曰薯系（Tuber Line）。比較各薯系之優劣，即可選得優良之品種矣。

無性繁殖之作物，既亦可行有性繁殖，故亦能以雜交方法連合二品種之優點。其成效遠較有性繁殖作物者為快。蓋有性繁殖作物行雜交後，必待因子分離成同質狀態後，始可擇優繁殖推廣。是以需要之時間既長；且雜交後之雜種勢，亦因復行自交而消失，不克保持。而無性繁殖作物雜交後，即可用無性繁殖而推廣之。不必問其遺傳組織之是否純潔，後代決不虞其分離。故其成效既速而雜種勢亦可永久保持，洵屬最理想之育種方法也。

上文述及無性繁殖之植物，極易發生芽變，故可增加育種之希望。蓋吾人如於植株上發現由芽變而生之器官，具有優良性質時，即可取以繁殖之，使成優良品種。日本目前盛行栽培之溫州蜜柑，即吾國蜜柑輸入日本後，因起芽變，繁殖而成之良種，前曾言之。故於健全之幹基上行芽選工作，實為改良無性繁殖作物之重要工作。

無性繁殖時如有局部變異發生，亦有增進育種成功之希望，此亦為吾人不能不注意而利用者也。

至此，吾人可為無性繁殖作物之育種性質，下一結論：

1. 自然界所選得之單本，其遺傳性質雖然複雜，但因行無性繁殖，後代無分離現象，故其育種原理與天然自花授粉作物相類似。
2. 可以有性繁殖方法舉行雜交，連合優性，第一代雜種已表現有優性者，即可繼以無性繁殖法，以保持其優性及雜種勢。
3. 可利用芽變與局部變異以育成新品種。

## 討 論 問 題

1. 何以植物繁殖法及授粉作用與育種有密切關係？

2. 試列表簡述植物繁殖法及授粉法之分類。
3. 何謂天然自花授粉植物？舉例說明屬於此類之重要作物。
4. 何謂常異交植物？
5. 何謂天然異交植物？
6. 何謂天然雜交百分率？如何測定之？
7. 棉花育種何故須行人工自交？人工自交對其有何影響？
8. 玉蜀黍育種何故須行人工自交？人工自交對其有何影響？
9. 何謂雌雄異株植物？試舉例說明屬於此類之主要作物及其育種原理？
10. 無性繁殖作物之育種方法，何以同於天然自花授粉作物？
11. 以雜交方法改良無性繁殖作物有何優點？
12. 局部變異及芽變對無性繁殖作物之育種，有何重要？
13. 何謂人工自交，其目的安在？
14. 作物因繁殖法不同，推廣法有何不同？

### 參 考 文 獻

1. Babcock, E. B. and Clausen, K. E. — Genetics in Relation to Agriculture, Chapter XX, 1927.
2. Hayer, H. K. and Garber, R. J. — Breeding Crop Plants, Chapter V. III 1927.
3. Hayer, H. K. and Immer, F. B. — Method of Plant Breeding, 1942.
4. Hunter, H. Leake, H. M. — Recent Advances in Agricultural Plant Breeding, 1933.
5. Hutchinson, T. B. and Wolfe, T. K. — Production of Field Crops.
6. Jones, D. F. — Natural Cross Pollination in Tomatos, Science N.S. 4,3.509—510 1916
7. Jones, H. A. and Rosa, J. T. — Truck Crop Plants 1928.

- 
8. Kearney, T. H. — Self-fertization And Cross-fertilization in Pima Cotton, U. S. Dept. Agr. Bull. 1134, 1923.
  9. Shamel, A. D. and Pomeroy, C. S. — Bud Variations in Apples, Jour of Heredity 23:213—221, 1932.
  10. Thompson — Vegetable Crops.
  11. 吳耕民—蔬菜園藝學

## 第七章 育種方法之分類

近世以來，育種方法，日新月異，分門別類，花樣繁多，然一言以蔽之，惟有“選種”而已。蓋不論任何方法所育成之品種，必須經過“選種”然後可以判別優劣，決定取捨。若再別之，則惟有“選種”與“雜交”兩法而已。“選種”之普遍應用前已言之，而雜交法，則為連合優性及產生多元體之最有效方法也。若更別之，則“引種”與“突變”，亦為近世育種家所重視；且認為育種之捷徑也。惟“引種”本身，並非育種方法；而突變既無把握，有多劣變，其美滿之成功，尙有待於異日。茲以此四法為綱領，表列育種方法之分類如次。

### A. 引種法 (Introduction)

- a. 引自世界各國者。
- b. 引自本國各地者。

### B. 選種法 (Selection)

- a. 集團選種 (Mass Selection)
- b. 單本選種 (Individual Plant Selection)

### C. 雜交法 (Hybridization)

- a. 自花授粉作物之雜交 (Crosses in Self-pollinated Crops)
- b. 人工自交系之雜交 (Crosses of Inbreeding Lines)

### D. 利用突變法 (Mutation)

- a. 天然突變 (Natural Mutation)
- b. 人工引變 (Induced Mutation)

茲將上述各法，加以簡單之說明，然僅能就原則方面，略加論述。至如何應用於各種作物，則應俟諸作物育種各論中分別討論者也。

## 第一節 引種法

### 一 引種之意義

凡徵集國內外各農事試驗場所育成或農家所盛行栽培之優良品種，在當地舉行馴化試驗或區域試驗，視其能否適應當地環境，以便擇優繁殖推廣之方法，謂之引種法，亦稱輸種法。簡言之，引種法者，引入異地之優種，擇其適應者，以繁殖推廣之謂也。故引種法之本身，乃並非育種，係向同好者搜集現成材料之一種方法而已。蓋優良品種之育成，少則七八年，多則十數年。當試驗場成立之初，欲循正常育種步驟以育成優種，實屬緩不濟急。故欲於短時期內，收優良品種之功效，則捨引種法莫屬矣。蓋以其省時間、節經費而成效亦頗顯著。吾人知生物之性狀，為因子加環境之結果。遺傳因子乃固定不易變者，環境則因地而異，以不變之因子，應萬變之環境，必也失敗多而成功少，是不可不慎也。夫因子表現性狀之程度如何？恆以環境為斷，無可諱言。通常育種機關所育成之良種，其遺傳組織必甚優良而相當純粹，且當地環境復適宜於生長，以是而表現其優良之特性矣。今如移至他處，優良而純粹之遺傳組織，當仍無絲毫改變。設該地之風土同於原產地，則性狀仍一本其舊；若風土不同，性狀始起變更。基於是種理由，我人如引種風土同於本地之優良品種，自必能得滿意之結果。是故引種之時，宜考察該品種原產地之風土，是否與本地相若，必擇相若者始可引種。若貿然從事，則鮮有不失敗者矣。且各地風土，未必悉相一致，我人亦不能全憑客觀之分析，即可決定謂某地之環境與某地完全相同，某地之品種決可在某地推廣。必須先將該品種作實際之試驗，始為可靠。此種以優良品種在各區域作質地之種植試驗，使與其各區域之著名品種比較，以指示其在各該區域是否適應，而便決定推廣範圍者，即所謂區域試驗是也。故各該區域是否能用引用某品種，必藉區域試驗之結果，始可斷定。

引種在理論上固須風土與原產地絕對相似者，始能絕對保持其原來

之優性。然吾人在第三章述及作物有適應能力，某地之環境雖不合其生長；但久而久之，生理上、形態上或有潛伏之適應特性或構造，在原產地所未能充分表現者，易地後，轉而能適應生長。惟此種能力，乃因品種而不同耳。是故吾人於良種輸入之後，須經慎重之比較與試驗，以表現其環境適應之能力，並厲行去劣留優，而使適合於當地生長。此種測驗品種間適應之能力，並去劣選優，使其逐漸適應於當地環境者，即曰馴化試驗。倘未經多年之馴化試驗，猝然向外地引入大量原種，從事推廣，則斷無良好結果，美棉最初引入中國之時，即犯此弊。

引種之後，因環境不適而退化者，須厲行去劣去偽（*Roguing*）以淘汰之，前已述及。去劣云者，嚴格言之，即於引種之種子區內，將不合吾人需要標準之品種，或由環境而劣變之植株一律拔去，不容姑息。此種工作，應在作物開花前行之。一則免去互相雜交；再則根絕不良種子。去偽云者，即於種子區內，將不符之品種標準形狀之植株，無論生長優劣，亦一律拔去。例如引種之棉花為紫莖、黃花、黃心，若發見青莖、黃花、黃心或紫莖、黃花、紅心者，當隨時拔去。但棉花至花心可見時，花藥已成熟，難免有花粉散佈之虞，故對於以花心定真偽者，尤當特別注意也。

由是觀之，引種法者，行之於試驗場初創之時，為節省時間，以期短時期內得一可資推廣之優種，乃向與本地風土相若之各地，引進各該地著名之良種，在本地舉行較精密之比較試驗，以觀察本地風土是否適應其生長，並決定其適應範圍。並於種子區中勵行去劣去偽，以保持各該品種之純潔優良，然後於中擇優推廣。

由引種法而得美滿之結果，其例甚多。美國之大豆，係在二十世紀之初葉，自遠東輸入。此項大豆，目前已在該國之農業上佔重要地位。油桐亦然。我國目前推廣之良種，亦多自引種得來，例如在長江流域推廣之德字棉；黃河流域所推廣之斯字棉，均為美國著名之品種。小麥中農28號，原產於意大利；碧玉麥（*Quality*）即所謂美國玉皮，原產美國

，在我國推廣均有成效，此皆國外引種成功之著例也。至國內引種成功之例：如四川推廣之南京2905小麥；雲南推廣之南京赤穀小麥；湖南推廣之帽字頭稻種，均自南京引種而來者也。他如江西之引種湖南常德鐵子棉種；湖南之引種江西鄱陽早稻種；陝西之種植開封121小麥；又如山東白菜、上海水蜜桃等之遍種於各地，均為國內引種成功之佳例也。

### 三 引種之方法

作物引種之成功，全視材料之是否適當及試驗之是否真確而定。故對於品種之來源及試驗之方法，應有詳細討論之必要。

#### A. 引種材料之來源

關於引種材料之來源可列舉如下：

1. 由中央農業試驗機關，設國外種子部，刊行輸入品種之目錄，並說明各品種之詳細來歷及其優點。乃由中央農業試驗機關在各處舉行區域試驗，以決定各品種在國內所適應之範圍，以供適應區域之試驗場及農民之採用。
2. 由某機關之個人與國內外之參觀者接洽，請其交換品種。或當個人參觀國內外農事試驗場時，隨時注意所需要之品種而徵集之。
3. 函索各國種子公司之目錄，以便擇其適合需要者訂購之。
4. 由某機關或個人與國內外農事試驗場通訊，互相交換作物品種，及出版物之載有改良品種之廣告者。
5. 函請各省、縣、鄉村之團體或機關，調查各地農民所栽培之著名品種而設法徵集之。

#### B. 引種材料之說明

品種引入時，對於各該品種應有詳細之記載。其主要之項目如下：

1. 品種來歷：該品種自何地輸入，即原種地點在何所。蓋如引種成績優良時，即可就原產地輸入大量原種，以資推廣。該品種原來



之來歷如何？是否係由選種抑由雜交所育成，亦須明瞭。

2. 品種名稱：該品種已經註冊之名稱，或通用之符號及俗名。
3. 種子年份：輸入之種子，係何年所收穫，何年輸入，均應註明。蓋試驗之結果，常與種子之新陳，甚有關係。
4. 品種特性：該品種有何種優良性狀，有何缺點，如產量、品質、成熟期、適應力等，均須有詳細之記載。
5. 原產地風土：原產地氣候，土壤，最好亦能附以說明，俾便與本地風土相對照。
6. 栽培方法：每種品種恆有特殊之栽培方法，如播種期、播種法、播種量、間苗、中耕、灌溉、施肥、收穫期等亦應說明。

#### C. 引種材料之試驗方法

品種引入之後，即舉行馴化及區域試驗，以決定取捨，此種試驗之性質，並無異於普通之品種比較試驗。所謂馴化及區域試驗云者，不過示其具有此種特殊之意義耳。品種比較試驗之方法，後將詳述。此處僅就對於引種材料試驗時應注意之事項，條述如次：

1. 引種材料無論數量多少，應保留一部份，以防不測，其餘一部份可以舉行試驗。
2. 引種材料如種子少或品種適應力不甚明瞭者，第一年可先舉行短行試驗，其目的在品種觀察。所有品種無論優劣，不宜淘汰。蓋材料來源不易，且第一年結果，不足以斷定品種之取捨，故所有種子，可全部收穫，留作下年試驗之用。然品種較雜之行，應厲行去雜，或竟淘汰。
3. 第一年試驗時，應每隔若干行置一本地最優良之品種，作為標準品種，以便觀察時比較各品種之優劣。關於重要性狀、適應能力、生長情形，均應有詳細之記錄。
4. 第二年仍可繼續舉行短行試驗，並由此淘汰不適應之品種。其被選品種之種子，可供下年試驗之用。

5. 引種之材料，經二三年之品種觀察後，不適應者已漸次淘汰，於是可擇其適應力較強之品種，再舉行精密之品種比較試驗二三年，以便擇優推廣。
6. 如引種之材料頗有價值，且品種數目不多，而每品種之種子數量較多時，則第一年不必舉行短行品種觀察，即可直接舉行精密之比較試驗。如此可縮短優種育成之年限。

## 第二節 選種法

凡實地採集當地或附近農民栽培品種之集體或單本，舉行比較試驗選優去劣者，謂之選種。此種工作之主要目的有二：一曰選擇自然界所原有之優種；二曰分離純系集團中之純種。蓋吾人曾屢次述及作物在自然界中變異衆多，品類繁雜，則其中勢必有優有劣，參次不齊，吾人可自其中選擇優良者而利用之。再則普通農家所栽培之作物，固亦不乏優良品種，然恆名爲一種，實則混雜不堪。試就產量而言，其中固有產量高者，亦有產量低者，若混雜一處，遂使該品種之產量成爲高低不同各品種之平均數矣。齊民要術有云“凡種雜者，禾則早晚不均，春復減而難熟，實以穰見疵，炊爨失生熟之節”由此可知，品種混雜，減產損質，害莫大也。故吾人若能用選種方法，將其中產高質佳之純系分離而出，另成新品種，則產量自必較原種爲高，且成熟一致，品質佳而出售易。又適於利用，其價值當何如耶？

吾國幅員遼闊，作物栽培之歷史悠久，品種之繁多與其混雜之情形，自在意料之中。兼以選種工作未臻完善，故欲改良我國之作物品種，當以此爲成功之捷徑。

選種法又可分爲集團選種與單本選種二類，茲分述如下；

### 一 集團選種法

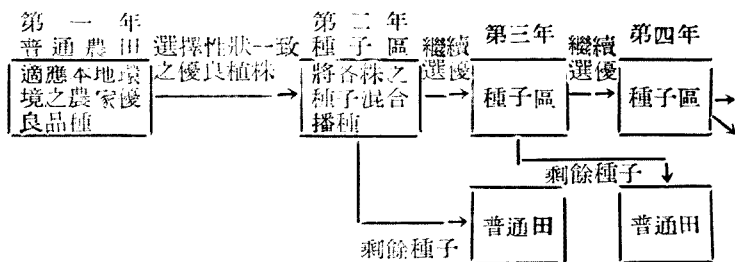
#### A. 集團選種之方法

集團選種 ( Mass Selection ) 或稱混合選種 ( Bulking Selection

），即選擇合乎某優良品種標準性狀之植株，混合繁殖其種子，每年繼續進行，以選出優良之品種並保持品種純潔之方法也。集團選種有行於普通農田者；有行於優種繁殖區者，茲分述如下：

#### (甲)行於普通農田之集團選種方法

係於作物已成熟而未收穫前，赴農家所栽培優良品種之田間，選擇式樣一律、生長健全、不遭病虫害之植株，混合留種。翌年將種子混合播種於一區，所謂種子區 (Seed Plot) 中。成熟後，復在其中如舊選擇優良之植株，混合留種，留作下年度種子區之種子；其選餘者則供下年度普通繁殖之用。如此逐年繼續進行勿替，即可得一純潔而優良之品種，所謂選優法是也。茲將進行之程序，圖示如下，以供採用時之參攷：



#### (乙)行於優種繁殖區之集團選種法

此法可於成熟之前，且最好於開花前為之，以防天然雜交。吾人於作物生長發育期間，性狀之表現相當明顯時，即可循行優種繁殖區內，隨時見有式樣不同之個體，即行拔去。僅留式樣一律而合乎標準之植株，所謂去劣法是也。成熟後即將此式樣一律之植株，混合收穫，留作下年度種子。其方法雖與行於普通農田者適得其反，而作用則一。蓋在普通農田中，混雜程度甚高，優少而劣多，故以選優法較為方便。而優種繁殖區內所種之品種，大部純粹，故只須去劣可矣。若於作物未成熟時去劣過多，恐經

濟方面蒙受損失，則可不必拔去，誌一標記，將來分別收穫可矣。例如棉花集團選種時，吾人常用折頂法以區別之。但仍有品種混雜，故不如提早拔除之可靠。

#### B. 集團選種之原理

集團選種之方法，由來已久。其最初所根據之理論，以為隨吾人之意，繼續以同一目標選擇，則此種優點，即逐漸累積，終可得一最優良之品種，此即達爾文之漸積變異說也，吾人業已證其非矣。

集團選種之真正原理，仍不過根據曼氏之分離定律，就現象型以分離因子型而已。蓋因子型相同者，外觀之性狀大凡相同；而因子型不同者，外觀性狀乃必有多少差別。普通農田之中，品類繁雜，換言之，含有無數因子型不同之品種或品系。若吾人選擇性狀優良而式樣一律之植株，則被選者彼此之因子型必相類似而優良。然吾人猶不能謂之純種，何則？蓋性狀者，因子加環境之結果，同一田中各處之環境並不一致，是以外觀性狀相同者，生理性狀未必相同。換言之，內部之因子能影響生理性狀者亦未必盡同。且有環境之影響存乎其間，此其一；外觀性狀即所謂現象型，有異質接合體，有同質接合體，異質者性狀並不能固定，此其二。是以在第二年種植時，又有分離不同性狀之可能，於是吾人乃再以同樣目標選擇之，結果因環境及異質接合所隱藏之植株，又可被揀若干。惟因作物生長之環境及作物遺傳組織甚為複雜，故必進行若干年，始能逐漸將不同因子型及異質個體汰除，而得出合乎吾人目標之純種。

由是觀之，集團選種固亦有選得優種、分離純系兩種功效，然就選得優種之立場言之，其弊有二：

1. 選擇之對象，僅有一品種。夫同一地區中，優良品種未必只此一類，常存在有各具某數優點之若干品種。今集團選種，同時只能

就某一種之標準性狀而選擇之，難免有顧此失彼之弊。故實地育種時，亦可在同地舉行數個集團選種以補救之。

2. 集團選種時，係根據目力所及之外表性狀。然作物之若干重要經濟性狀，大半非目力所可辨清。故選擇之結果，即使能得一純種，未必即為優種也。

就分離純系之立場言之：

1. 集團選種係就現象型判別，故欲分別因子型時，必待因子逐年分離時始可見之。以是欲使因子型在同質狀態，需時較久，收效極緩。
2. 集團選種係就外觀性狀判別，故常為環境所左右混淆，不易獲得純種。
3. 若干因子之外觀現象，非目力所可辨者，即無法使其成同質狀態。

雖然，集團選種亦自有其優點，蓋此法無需特別記載，且試驗方法簡而易行，普通無育種智識之農民，亦能採用。故當優種推廣之後，常以混雜退化而失其效用。故指導農民以集團選種法保持純系，實為必要。再則，分離純系之功效雖遲，然短時期內可得多量比較純粹之種子，以供推廣。故於試驗場成立之初，欲求急功圖名，常用集團選種法育成暫時應用之優種，以供過渡推廣。

### C. 集團選種之功效

集團選種之一般功效，既如上述。然復因作物之繁殖方法不同，而大異其趣。茲分述之：

#### 1. 自花授粉作物之集團選種

集團選種行之於自花授粉作物中，選優之功效較微；而保純之功效乃甚大。蓋按約翰遜氏之純系論，自花授粉作物之後代，常為純系；純系內繼續選種無效。試據此種理論以論集團選種對於自花授粉作物選優及保純之功效：就選優言，普通農田中，常有多數品

種混雜之現象。吾人可於此純系集團 (Population) 中，就數量最多、性狀最優秀者，按其標準形態而選擇之。但此被選之品種，在最初一二年內，固有分離純系之功效；但數年之後，品種趨純。除希其發生突變而外，繼續選種，其中決難再生新變異。故每年進行集團選種時，僅能仍就第一年所選優株之標準而選取之，無再繼續得更優品種之機會。第四章第一節中吾人曾提及約翰遜氏之菜豆試驗，證明此理。其後哈次遜 (Hutchson) 氏曾用六種純系小麥為材料，繼續選種十三年，結果如下表：

品 種	前 五 年		後 五 年	
	高 度 (吋)	產 量 (克)	高 度 (吋)	產 量 (克)
Hedgros	41.6	2.67	38.4	2.34
Russian	38.0	1.99	35.4	2.18
Speltz	40.0	2.51	39.2	2.40
Komanka	36.4	2.01	35.8	1.91
Polish (1)	39.8	1.54	37.4	1.61
Polish (2)	35.4	1.62	33.4	1.31
平 均	38.2	2.06	36.5	1.97

表二十五 六個純系繼續選種十年之結果

上表表示六個純系小麥繼續選種十年，後五年之平均高度及產量，與前五年者頗相一致，絕無增加。由此可證明以集團選種法在自花授粉作物中繼續選優為無效。

就保持純度而言，自花授粉作物，因在自然界中發生天然雜交之機會甚少，故不經人工控制授粉，亦無因雜交而變其品種本質之危險。至於突然變異，雖亦偶有發生，但機會更為微渺，亦不必過慮其新變異之

產生。是以優良品種推廣之後，欲保持其純度，所應注意者，唯遺留植株未與機械混雜而已。蓋自花授粉作物之優良品種，經農民種植之後，久而久之，品種混雜，其原因皆由於此也。夫所謂機械混雜者，或因某塊田中，前後作物相同而品種不同，於是前季遺留田中之種子，至後季播種時，同時發生植株（Volunteer Plant）而致混雜，或因收穫、調製、貯藏時所用器具有，往往遺留種子，以致彼此混雜（Mechanical Mixture）者是也。故自花授粉作物之保持純度，必須應用集團選種之去劣法，此為目前良種推廣時所普遍採用，收效亦甚大也。由此可知在自花授粉作物中，繼續舉行集團選種，不能更得優良品種，而僅能使原種更趨純粹而已。

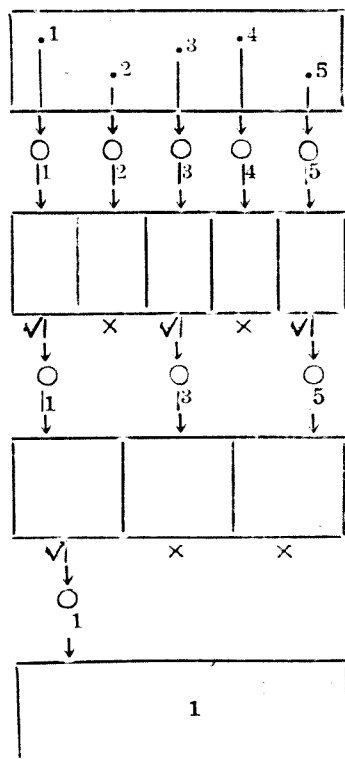
## 2. 異花授粉作物之集團選種

集團選種對於異花授粉作物，則頗著成效。因異花授粉作物之遺傳組織，大半為異質型，當年選得之優種中，次年復有隱性優良之性狀，可分離而出。且天然雜交之機會甚多，性狀異常複雜，更有不斷產生雜交變異之可能。故逐年繼續選種，不特在保純之工作上為重要，且可獲得更優良之區域型（Ecotype），而能適應某一種之特殊環境，即所謂馴化品種是也。海司（Hayes）氏謂美國米州之葛立姆苜蓿品種（Grim Alfalfa），係在該州之加佛縣（Carver County），以集團選種法所育成；美國最有名之玉蜀黍品種“Squar Flint”，即係美洲土人用集團選種法所育成；美國伊利諾埃史（Illinois）農場曾舉行玉蜀黍由分高低之試驗，於普通農田內選擇若干穗，分析其油分，將最多者與最少者分區種植，繼續選種歷二十餘年後，油分高者增至一倍以上，低者減去過半。該場復曾於玉蜀黍中選擇高穗者與低穗者，分別種植。後於高穗中選擇最高者，低穗中選擇最低者，繼續十餘年，高者愈高，低者愈低。其初高低之差僅13.6寸，最後竟達68.7英寸。此足證集團選種對於異花授粉作物功效之密切也。

雌雄異株作物，既亦異花授粉，故其效果亦大。惟選擇時應同時選擇雌雄植株。通常在種子區中，雄者於未開花前去劣，以後選擇優良雌本上之種子。例如菠菜、大麻之集團選種皆是。

## 二 單本選種法

### A. 單本選種之方法



在各處農田中選擇式樣不同之單本（此處表示在農田中所選之五個式樣不同之單本）。

每單本上之種子，分別留種給以 1. 2. 3. 4. 5. 等系號。

每單本上之種子，播種於一短行內，種曰單本行（或鈴行、株行、穗行、莢行）試驗。

成熟時在單行中觀察，選擇優良之單行（加以✓號）如 1. 3. 5. 等，而淘汰其不良之單行（加以×號）如 2 與 4 等。

被選各單本行內之種子，分別脫粒後，播種於較大之試驗區或單行區而重複數次，以資精密試驗後，再定優劣。

經多年之精密試驗後，證明品系“1”確較其他品系為優良可以被選作繁殖推廣之用，其他品系則淘汰矣。

“1”品系大區繁殖，以備推廣。

圖十一 單本選種程序



單本選種 (Individual-plant Selection) 或稱系統選種 (Pedigree Selection) 或稱純系選種 (Pure Line Selection) 係當作物成熟而未收穫前，往各處農田選擇式樣不同、生長健全之單本，記載其來源種名。各單本之種子，分別留種，妥為貯藏。翌年將各個單本上之種子，分別種一短行，以資比較。此後歷年就各優良行之後代，精密試驗，作有系統之記載，以選優去劣，而期獲得優良之品系，以供繁殖推廣。其步驟見第十一圖。

上述單本選種之方法，不過略示其大概，其詳細方法及步驟，則將詳述之於作物育種之程序及田間試驗之技術三章中。

### B. 單本選種之原理

上述單本選種方法，可劃分為二個階段：

1. 分離純系——自田間選擇以迄種或單本行，此部工作稱曰分離純系，亦即育成純種之工作也。田間生長之作物，彼此品類混雜；外形相同者，內在之因子未必全同。惟有來自一株或一穗者，遺傳組織始盡相同。若該種作物為天然自花授粉者，則由此一穗或一株種子所生成之植株，彼此遺傳既盡相同，後代無復分離現象，約翰遜之純系論中對此已詳論之。因此，在自花授粉作物中，只須先擇單株或單穗而分別繁殖之，即可各成純系。若在異花授粉作物中，則應先將所選單株或單穗行多年之人工自交，使異質因子型之個體分離，再就其中選單本繁殖之，始成純系。此吾人於上章詳述之，不贅。
2. 比較試驗——單本選種之所謂選擇，並非選優去劣之意；不過選純去雜，使成純系耳。純系分離後，何者為優；何者為劣，必須經長期之精密比較試驗，方可定奪。

由斯觀之，單本選種與集團選種二者之目的，固同為選擇優種與分離純系，然步驟乃適得其反。當第一年田間選擇之頃刻間，單本選種之目的為分離純系；而集團選種則為選擇優種。以後若干年之繼續選擇，單本選種為比較優劣；集團選種却以育成純種為主要目的。分離純系之工

作，在單本選種時，不過頃刻間舉手之勞而已。然其效果則殊為確實，蓋有純系論為其根據也。而集團選種乃須行之多年而尚乏良效。就選擇優種言，集團選種不過於第一年選擇，則倉卒間就目光所及選擇一種而已。吾人寧能信該田中再無優於此者之良種？而單本選種則就選擇各式單本，包羅靡遺，以後復就各純系精密試驗多年，自必能得可靠之優種。吾人由集團選種方法之輕重倒置，更可彰純系選種之功效也。

### 第三節 雜交法

#### 一 自花授粉作物之雜交育種

##### A. 雜交育種之目的及困難

選種之後，所有優良品系之性狀，尚不能使吾人滿意時，例如產量高者，病害甚重；或能抗病害之品種而產量低，則必賴雜交法以連合各優良性狀於一體，造成新種。蓋根據曼特爾氏之因子自由選配及分離原則也。

此理言之雖甚簡單，然實際則困難殊多，每不易達到目的。蓋各種技術上、生理上、遺傳上之原因，常足以阻止之也。例如豐產與早熟，本為作物之二大優良性狀。但此二者每不能相聚於一體。蓋早熟者生長期短，利用養份較少，同化時間較短，產量必低。故欲獲得成熟最早而產量最豐之品種，就生理上言之，不易成功。至於遺傳方面之困難亦多。例如：若有一優性狀與劣性狀成完全連繫(Complete Linkage)，或無發生交叉之機會，則欲得一具有二種優性之個體，甚感困難。再如在抗病育種時，常發生所謂因子之多角性(Multiple Effect of Genes)。緣每種植病恆有多種生理小種，例如小麥之稈銹病(*Puccinia graminis tritici*)，現已知有 176 個生理小種。至於抵抗此病之遺傳因子中，有一對相對因子 R 及 r：前者能抗某數種生理小種，但不能抵抗其他小種，而後者反之。故欲育成一抵抗一切生理小種之品種，亦屬不易。他如花蕊過小，去勢授粉不易

進行，又如父母本生理、習性、遺傳、細胞不同，雜交不易成功，凡此皆於另章論之。

## B. 雜交育種之意義及方法

關於雜交之技術，吾人將於植物之異花授粉章討論，實際之步驟姑且暫置之勿論。就雜交本身言之，不過為藉雜交方法以增加自然界之變異，即所謂雜交變異耳。雜交成功之後，吾人不能即謂雜交育種工作已告完畢。蓋雜交不過為吾人造成選優之機會，而優種之獲得，則仍須在雜交後代中選取之。故雜交後，須一如單本選種，繼以分離純系及比較試驗等工作，方可達選優之目的。

雜交後所得種子為異質體，故其分離純系之方法，應一如天然異花授粉作物之分離純系法，舉行多年之自交。惟若為自花授粉作物，則不必人工加以助力，令其天然自交可矣。

雜交後代之處理，方法有二：

### 1. 系譜法 (Pedigree Method)

具有優良之父母本雜交後，歷代按其系譜編以系號，分株種植，隨時選優去劣以減少不必要之數量，繼續自交至第四年(F<sub>5</sub>)，異質體大致均分離。乃在其中如單本選種之方法，選取合乎雜交目標之單株，按單本選種法之程序，逐年比較優劣。其詳細步驟，當俟作物育種之程序中述之。

此法之應注意者，為編號工作。蓋號數錯亂，系統即易混雜。茲述美國農部之編號方法如次：

設有一雜交系號為165A<sub>3</sub>-4-7，其意165為代表第165種交配。於此種交配內，又有同樣之交配ABC等數個，此為165交配之A交配。3代表F<sub>1</sub>植株之號數，即F<sub>1</sub>中第三個植株。4代表F<sub>2</sub>植株號數，即165A<sub>3</sub>之後代中第四個植株。7代表F<sub>3</sub>植株之號數，即為165A<sub>3</sub>-4，後代之第七個植株。如此類推，每代於其系號上增加一數字，直至該系固定而後止。

系譜法分離純系，固定性狀之期間較快，且歷代系統不亂，有詳細記錄，故便於同時作遺傳研究。

## 2. 混合法 ( Bulk Method )

此法自雜交後第二代 ( $F_2$ ) 至第六代 ( $F_6$ ) 將種子混合種植之。一方藉天然淘汰之力，令其自行汰除劣種，故海斯氏 (Hayes) 建議將此項材料予以病害及特殊環境處理以達成天擇之機會；一面則令其異質型分離，性狀固定，如在此自交期間，發現不合乎雜交目標之植株過多時，可以拔除一部分。自  $F_6$  起，可按單本選種之方法選擇單穗或單株。按單本選種之程序進行比較，選優去劣。

混合法簡而易行，無須保存記錄，頗為實地育種家所樂用。且親本相差之因子數多時，欲固定其後代之性狀，必須經過較長之時期。若用上述之系譜法，因系統逐年增多，勢必隨時淘汰，否則材料過於龐大，無法處理。然隱性之優良性狀，乃常有在異質型被棄去，若用此法，則能將異質型態保存，使漸歸固定以應需要。

## 3. 混合系譜法 ( Mass-pedigree Method )

哈林頓氏 (Harrington) 因鑒於混合、系譜兩法各有利弊，乃於 1937 年倡改良混合法，名之曰混合系譜法 (Mass-pedigree Method)，以包括二法之優點。其法將雜交材料先用混合法繁殖之，當某年環境適宜時，予以嚴格之選擇，將所選單本或單種，再按系統法處理之。

## 二 自交受精作物之回交育種

### A. 回交育種之意義

設有二品種雜交後，其後代繼續不斷以二親本之一回交，藉以育成新種者，曰回交育種法。被回交之親本曰回交親本 (Recurrent Parent)；另一則曰非回交親本 (Non-recurrent Parent)。若一品種有一個或二個優良性狀，而該性狀之遺傳又為一個或二個因子；

而另一品種則除此性狀之外，其餘性狀均甚優良。如此可以後者為回交親本；前者為非回交親本，舉行回交育種，效率最為宏大。換言之，回交育種之優點，乃可伊一品種之優良性狀，逐漸移於另一品種中。

例如有A.B二品種，A品種只有一對優良特性因子；B品種有九對優良因子。若用雜交育種法，二者雜交後，欲於F<sub>2</sub>分離時，得一二十個同質因子之機會，按第十三章第五節“二”公式(式中n為雜種自交後代數，m為因子數)結果如下：

$$\left(\frac{2^n - 1}{2^{n+1}}\right)^m = \frac{2^1 - 1}{2^{1+1}}^{10} = \left(\frac{1}{4}\right)^{10} = \frac{1}{1048576}$$

其機會之小，幾為不可能之事。若用回交，則機會較易。茲列表比較F<sub>1</sub>自交及回交後，獲得一個同質顯性因子型之個體時，所需後代之最少數目如下：

F <sub>1</sub> 回交或自交	遺傳因子之對數							
	1	2	3	4	5	6	7	8
雜交第一代(F <sub>1</sub> ) 自交一代之結果	4	16	64	256	1024	4096	16384	65536
雜交第一代(F <sub>1</sub> ) 與同質顯性因子 型之親本回交一 代之結果	2	4	8	16	32	64	128	256

表二十六 獲得一個同質顯性因子型之個體所需後代之最少數目

觀上表可知真八對異質因子之第一代雜種(F<sub>1</sub>)自交後，欲獲得一個全部因子型為同質顯性者，則F<sub>2</sub>之數目，至少須有六萬五千五百三十六個，其困難可知；如用回交法，則回交後代之數目，至少需要二百五十六個而已，其容易亦可想而知。此所以近代育種家多注重回交育種法也。

回交法在過去僅用以探索遺傳原理，其重要任務：一為測定因子之連繫值；二為解釋因子之相互作用或其他因子學說。迨1922年哈蘭（Harlan）及波泊（Pope）二氏始以回交法應用於穀實作物（Small Grain Crops）之育種。氏謂“若干雜交後代之重要性狀，被一般育種法所埋沒犧牲。優種雜交後，如應用回交法，其價值常遠過於通常所舉行之分離後代之選種法（按即指自交法）。”蓋應用回交法以分離雜交目標之純系後代，亦較自交為速也。譬如將  $A \times B$  之  $F_1$ ，回交於  $B$ ，同時選擇具有  $A$  優性之個體，繼續回交。則  $A$  優性因人工選擇而終得保持；而每回交一次，即可增加  $B$  之血統  $\frac{1}{2}$ ，由第十三章第五節“六”公式可以知之。

$$AA = \frac{2^n - 1}{2^n} = \frac{1}{2} + \frac{3}{4} + \frac{8}{7} + \frac{15}{16} + \frac{31}{32} \quad AA_7 = 0.992$$

據此公式，可知回交數代之後， $B$  之優良性質即漸聚於  $A$  內； $A$  之劣性亦幾已無有，成為連合二者優點之新品種矣。

若回交親本具有優良之因子對數為  $m$ ，則繼續回交  $n$  代之後，合於吾人目標之同質接合體數，可由下列公式計算之。

$$\left( \frac{2^n - 1}{2^n} \right)^m$$

此公式與用以計算雜交後各分離後代（由自交而產生）中，同質接合子個體之百分數者，完全相同。惟在雜交後之分離後代中，僅有一半同質接合子為雜交所希望之因子型，例如  $AA$  與  $aa$  雜交，次二代（ $F_2$ ）分離結果為  $1 AA + 2 Aa + 1 aa$ ，其中有一半後代為同質接合子，但其中又僅有一半為雜交所希望之  $AA$  因子型。設吾人以回交代替  $F_1$  之自交，則  $Aa$  與  $AA$  回交後，其結果為  $1 AA$  與  $1 Aa$ ，如此則後代中所有之同質接合子，均為雜交所希望者。由此可知欲得雜交所希望之同質因子型之個體，則應用回交法，較易收效。

雷起 (Richey) 氏曾根據上列公式，計算回交若干年後，具有回交親本及非回交親本雙方優良因子純質接合體植株之百分數如第二十七表

回交代數

因子對數

m \ n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50	75	88	94	97	98	99	100	100	100
5	3	24	51	72	85	92	96	98	99	100
10		6	64	82	90	94	96	98	99	100
15		1	26	38	62	79	89	94	97	99
20			7	28	53	73	85	92	96	98
30			2	14	39	62	79	89	94	97
40				8	28	53	73	86	92	96
50				4	20	46	68	82	91	95
75					9	31	56	75	86	93
100					4	21	46	68	82	97

表二十七 回交後代同質接合子百分率檢查表

由上表吾人可根據回交親本中優良因子之對數，以找出應回交之代數。

### B. 回交育種之方法

回交育種之步驟，大致如下：

1. 選擇品種之有一二性狀須改良而其餘性狀均甚優良者，作回交

親本；另擇一品種具有回交親本所需改良之優良性狀者，作非回交親本。

2. 將回交親本及非回交親本行雜交，其F<sub>1</sub>以回交親本回交之。如回交後代中，專選具有非回交親本優良性狀之單株，而再與回交親本回交後，以事實之需要，決定重複回交次數之多少。
3. 若回交親本之優良性狀為顯性，則回交後選擇甚為容易，選得後續行回交可矣；若為隱性，則回交一代，宜繼以自交一代，分離後始能選得之，而繼續行回交。
4. 回交數代後，再行自交。並在其後代中，繼續選種，直至非回交親本之優良性狀已同質而後已。

例如哈蘭 (Harlan) 與波泊 (Pope) 二氏，曾以“獅品種” (Lion) 與“滿洲種” (Manchuria) 二種大麥作回交育種：後者產量高而具有甚多優性，惜為粗芒；而前者則產量甚低，其可取之點，乃為光芒，氏等乃定交配計劃如下：

滿洲種 × 獅種

F<sub>1</sub> (同質結合) × 滿洲種

F<sub>1</sub> × 滿洲種

F<sub>1</sub> × 滿洲種

F<sub>1</sub>

↓

F<sub>2</sub>

光芒而與滿洲種相似者 × 滿洲種

F<sub>1</sub>

結果，卒得出一新品種，產量高如滿洲種，而光芒如獅種。

勃立格 (Briggr) 氏曾於1922年開始，計劃將馬丁 (Martin) 小麥品種之抗堅黑穗病性移入加州之普通農家小麥把得 (Baart) 種中。按馬丁



種在太平洋沿岸，頗能抗堅黑穗病，其抵抗性為一個因子之作用，氏之交配紀錄如下：

1922	馬丁(抗病種) × 把得(農家種)
1923	$F_1$ × 把得
1924	植株分離為 1 抗病：1 染病(表示抵抗性為顯性)
1925	植株分離為 2 抗病：1 染病
1926	抗病植株之後代分離為 1 同質抗病：2 異質抗病 以同質抗病質者 × 把得
1927	$F_1$ × 把得

愛斯偉勒(Emsweller)及瓊史(Jones)二氏亦曾於1934年發表以回交法育成抵抗銹病(*Puccinia antirrhini* D. and H.)之金魚草。氏以具有抵抗性之品種與農家種雜交後繼以回交，已育成一優種，其花色、生育習性等優性如農家種而抗銹性如抵抗種。晚近育種家以回交法育成之優種甚多，實不勝枚舉。且已應用於天然異花授粉作物之人工自交系矣。

### C. 回交育種之困難

連繫現象為回交育種之最大障礙。若獅品種之惟一優性光芒因子與一劣性因子連繫，不易分離，則欲達完善之目的，殊非易事。若遇此種情形，則回交之成功，將視乎交叉現象之發生矣。然即有連繫現象，由回交獲得理想之機會亦較普通由 $F_1$ 內選擇之機會為大，因回交分離連繫之機會多也。譬如回交親本甲之C性狀為其優良性狀之一，與非回交親本乙之唯一優良性狀R之隱性因子r，當有連繫可能。此外甲親本尚有其他10個優良性狀因子，於是親本甲有CC與rr及其他10個顯性因子為連繫；親本乙有cc因子與RR為連繫，而RR係擬移至甲親本中。假定C與r之交叉價為10%，在回交後代中選擇R性狀，則甚難獲得優良因子C。但因子C當回交親本

在每次回交中傳入其後代，並有交叉，故以回交獲得CCR<sub>r</sub> 複合之機會，實較自交為大。其理由為R遺傳型可由選擇而獲得之，而C遺傳型為由回交親本中帶入，則交叉發生後，C與R即變為連繫，而其選擇之機會即較獨立遺傳為大，其他十個顯性因子亦可按照平常之理論期望而獲得之。

## 二 人工自交系之雜交

前述異花授粉作物分離純系時，需行多年之人工自交。然人工自交後生長勢大為減低，故異花授粉作物行純系選種法所得之優良人工自交系，常不能直接推廣，須用雜交法以數優良之自交系雜交，得出雜種，恢復雜種勢，然後推廣之。雜交之法有下述諸種，多用之於玉蜀黍育種上：

### A. 單交法 (Single Cross)

以二優良自交系交配，利用F<sub>1</sub>之雜交勢，推廣之以增加產量者曰單交法，為許爾(Shull)氏所發明。例如A、B二自交系雜交後之C是：

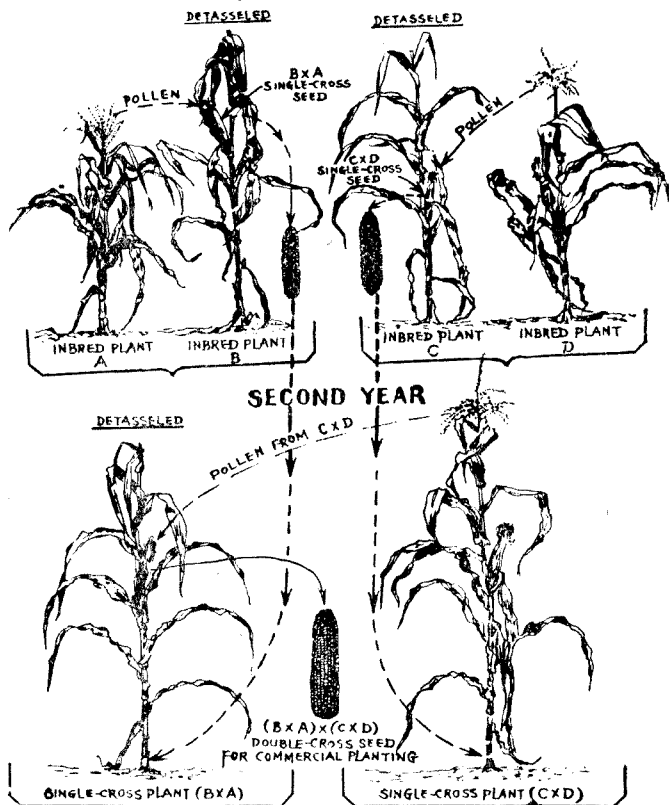
P <sub>1</sub>	A × B	自交系
F <sub>1</sub>	C	單交

單交法之優點為第一代之性狀極為整齊；其缺點為自交系經多年之人工自交後，生長勢極弱，花粉發育不良，產量亦低。故F<sub>1</sub>種子之生產費用極高，不合經濟。且F<sub>1</sub>種子發育亦不佳，發芽力不強，影響將來產量。

### B. 複交法 (Double Cross)

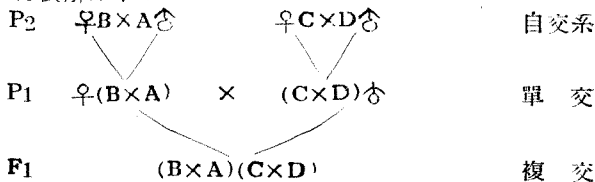
選四個優良之人工自交系如A、B、C、D，分別舉行兩個單交如(B×A)及(C×D)，再以兩個單交互相交配而得複交之種子如

(B×A) 及 (C×D)，可供推廣，如下圖所示：

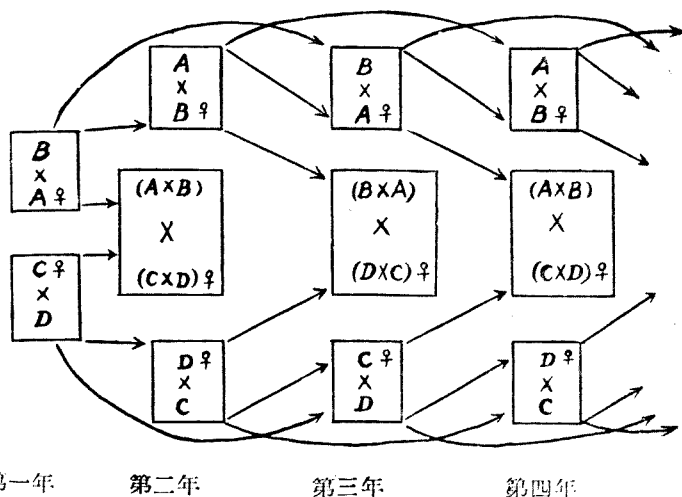


圖十二 玉蜀黍複交圖(仿C.F. Poole氏)

上圖再表解如下：



複交法為瓊司氏 (Jones, D.F.) 發明，其優點為利用生長健壯之第一代複交種，作交配之基本材料，可補單交之缺陷。又複交之個體，其變異較單交為大。其缺點為手續繁複，每年需保存四個自交系，兩個單交區及一個複交區，共有七區，並須個別隔離。雷起 (Richey) 氏因加以改良，用之於玉蜀黍，其法可圖示如下：



(♀表示去頂即除去雄花使其產生雜交種子，其未去勢者可以產生自交種子)

此法用隔行去頂之法，逐年輪流，在一區中一方可得雜交系，一方可保存自交系。按上圖行之，每年但種三區可矣。

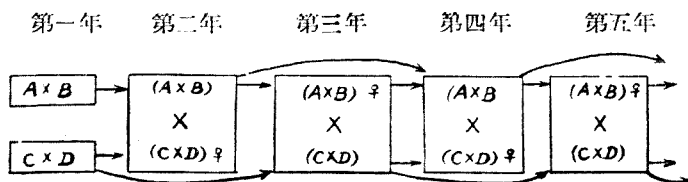
### C. 隔代雜交法 (Advanced Generation Crosses)

克善普 (Kiesebach, T.A.) 氏於1930年在美國那勃拉斯加州 (Nabraska) 倡隔代雜交法，以代替雙交法。蓋上述雷起氏之設計，仍嫌其煩也。克氏之法如下：

第一年                      A × B                      C × D

第二年	$(A \times B) F_1$	$\times$	$(C \times D) F_1$
第三年	$(C \times D) F_2$	$\times$	$(A \times B) F_1$
第四年	$(A \times B) F_2$	$\times$	$(C \times D) F_2$
第五年	$(C \times D) F_3$	$\times$	$(A \times B) F_3$
第六年	$(A \times B) F_3$	$\times$	$(C \times D) F_3$

上述設計並可圖示如下：



由上法則，用爲雙交之親代，不限於  $F_1$  之種子， $F_2$ 、 $F_3$  均可，故無須年年作單交，每年但須一雙交區可矣，法至簡便也。兩單交種經數年繼續應用之後，則可重新作一次單交。

#### D. 綜合雜交法 (Synthetic Cross)

海斯氏 (Hayes, H. K.) 創綜合雜交法：其法係選自交系中良好植株之花，混合其花粉，授與數自交系。於交配結果中，每系取等量之種子，翌年將種子混合而植於一隔離區，令其自由交配，得出其種子而推廣之。

此法之利益，在於多數自交系雜交，其雜種勢可以長久保存，無須每年供給原種。

#### E. 三系雜交法 (Three Ways Cross)

用 A. B. C. 三自交系作雜交，曰三系雜交。其法係以  $B \times C$  所得之  $F_1$  再與 A 交配之。品系 A 應較生長強健而花粉多，用作父本。此法較雙交爲簡單而有雙交之優點。

#### F. 回交原種法 (Top Crosses)

用自交系回交其原種或其他優良品種之法，曰自交系回交原種

法。普通以優良之自交系爲父本，以原種或其他優良種爲母本。此法極簡單，據林司特羅氏(Lindstrom, E. W. 1931)及喬遜氏(Johnson, I. J. 1936)證明效率較高。

此法頗合經濟，凡各自交系用單交法、複交法或三系雜交法等，未能決定何者爲優劣時，則可慎擇品系，用此法以作過渡之用。

### G. 聚積改良法 (Convergent Improvement)

美國農部雷起 (Richly, F. D.) 氏及史波格 (Sprague, G. H.) 於1931年創聚積改良法，此法之要點，等於重複回交。即自交系中擇兩最優秀者作單交，每年繼續輪流回交其親本之一種，而在其中選擇非回交親本性質相同之後代。繼續回交數代後，再舉行各種交配。此法較之單交法爲佳，蓋回交可使一親之優良性質，逐漸輸入原雜種中，而同時另親之優良性質，亦可利用選擇保留之。此法之最大優點爲所得之種子生長力強盛，生殖力亦大，雜交種子之生產費亦較省。茲舉一例於下，以明步驟：

第一年	自交系交配	A × B	
第二年	F <sub>1</sub> × A = F <sub>1</sub> (A <sub>1</sub> )	F <sub>1</sub> × B = F <sub>1</sub> (B <sub>1</sub> )	
第三年	F <sub>1</sub> (A <sub>1</sub> ) × A = F <sub>1</sub> (A <sub>2</sub> )	F <sub>1</sub> (B <sub>1</sub> ) × B = F <sub>1</sub> (B <sub>2</sub> )	
第三年	F <sub>1</sub> (A <sub>2</sub> ) × A = F <sub>1</sub> (A <sub>3</sub> )	F <sub>1</sub> (B <sub>2</sub> ) × B = F <sub>1</sub> (B <sub>3</sub> )	
第四年	F <sub>1</sub> (A <sub>3</sub> ) × A = F <sub>1</sub> (A <sub>4</sub> )	F <sub>1</sub> (B <sub>3</sub> ) × B = F <sub>1</sub> (B <sub>4</sub> )	
第五年	F <sub>1</sub> (A <sub>4</sub> ) × A = F <sub>1</sub> (A <sub>5</sub> )	F <sub>1</sub> (B <sub>4</sub> ) × B = F <sub>1</sub> (B <sub>5</sub> )	
第六年	F <sub>1</sub> (A <sub>5</sub> ) × A = F <sub>1</sub> (A <sub>6</sub> )	F <sub>1</sub> (B <sub>5</sub> ) × B = F <sub>1</sub> (B <sub>6</sub> )	
第七年	F <sub>1</sub> (A <sub>6</sub> ) × F <sub>1</sub> (B <sub>6</sub> ) = C		

此C種子，即可繁殖而推廣之。

### 第四節 引 變 法

選種之功效，不過將天然界之良種自混合品種中分離之。雜交法亦

祇能將自然界中已有之性狀，使其成新結合耳。嚴格言之，選種與雜交兩法，均不能創造新品種也。真正創造新品種之方法，曰人工引變（Induced Mutation）。即以人為之各種方法誘致生物發生因子突變或染色體變異是也。待變異產生之後，我人再進行純系育種工作，擇其優良者而利用之。人工引變方法，目前較有把握者，為多元體之誘致。然亦唯多元體乃與育種有莫大關係，蓋多元體恆具經濟價值，且可解決異種、異屬交配之困難，此吾人將於後數章詳述之。此處略述誘致之方法如下：

## 一 物理的方法

### A. 異常溫度處理法

當生殖細胞行減數分裂時，如遇異常之高溫或低溫（Abnormal High or Low Temperature），常使分裂反常而產生突變，尤以高溫為甚。例如日人松田秀雄氏，曾發現掃帚胡蝶（*Petunia violacea*）之花粉，在自然情況下，常於普通花粉粒中，出現染色體數倍加之巨大花粉粒。此種情形，特以夏季高溫時為甚。因此疑及此種變異或與高溫有關，遂着手試驗，切取花蕾初當發育之枝，插水瓶中，當成熟分裂時，使之觸及  $44-45^{\circ}\text{C}$  之高溫，果見生或多數巨大花粉粒。乃以細胞學方法檢查其生成之機構，發現在高溫中分裂之細胞，產生一種嗜鐵物質（Heterfwael），妨礙染色體之行動，致染色體分裂而不向兩極移動，即形成新核，因而生或二元或四元染色體之花粉。此等花粉完全有效，以之與自然界存在之四元體交配，極易受胎，而成四倍核之新個體。然與二元體交配，則花粉雖發芽而不受精，蓋因普通核與細胞質間常保存一定比率，今二元體之花粉與一元狀態之核結合時，所生成之三元核，因細胞質之比率過少，故不得生存。

由上述結果，吾人可知確能以人工高溫誘致二元與四元狀態之花粉。薩克斯（K. Sax）氏亦曾於1936年報告，將鴨趾草科之紫萬年

青(Rhoeo discolor)置於19°C左右之溫室中二至三日，再移置於36°C之溫度中一日，然後放入普通室溫中。每日檢查其花粉，亦發現甚多二元體之花粉粒與少數四元體之花粉粒，原因為花粉母細胞未起減數分裂，而僅起普通均等分裂，故生成二分孢子。當此二分孢子成二元體之花粉粒時，又僅有染色體分裂而核則未隨之分裂，即生成四元體之花粉粒。戴門(Dermen)氏於1938報告，以同樣材料證明薩克斯實驗之可信。

茲再述低溫可以誘致突變之例：1927年德爾(De Mol)氏會將正常之風信子(Hyacinth)之鱗莖，用低溫處理而得三元體新種。

培林(Belling)及白司利(Blackeslee)二氏1927以變陀羅經低溫之處理而發生單元體之植株，蓋低溫常能使未受精之卵發育而成個體也。

總之，用高溫或低溫處理植物之生長或休眠器官，如花、芽、枝、種子等，常可誘致突變，其方法則非借實際試驗不可。

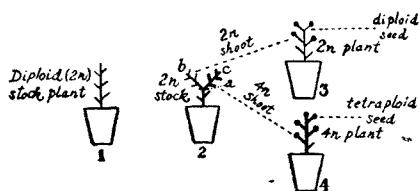
## B. 殘傷刺激法

植物受殘傷之刺激，細胞核之分裂加盛，然細胞之分裂常不及核分裂之速，故一細胞中常有二核或三核以上存在，結果乃成爲多元體矣。例如甘蔗爲需莖之作物，反覆割切其莖，常發生突變，繁殖之，可得新種。

又如將茄科植物之番茄、龍葵等，種於肥沃之處，至生育旺盛時，摘去頂心，則不久有新芽萌生。待此芽略爲伸長，復摘去之，如此反覆不已，其摘斷點附近之細胞，即特別肥厚，生成環狀突起，稱曰癒結(Callus)。由此癒結復生多數新芽，可取而用無性繁殖法繁殖之。此種方法，可使二元體( $2n=24$ )之正常番茄變爲四元體( $4n=48$ )，已由溫格(Winkler 1916)、尤金生(Jorgensen 1928)及善生(Sansome 1930)三氏以反覆摘心法獲得之。此種四元體在



育種上，頗有價值，以其可以固定不變。且由此所繁殖之後代，幹粗健，葉寬厚，呈深綠色，且果實亦大。茲圖示其處理之方法如右：



圖十一 用繼續摘心法產生番茄之四元體  
(仿 Sausome 及 Zilva)

1. 正常二元體番茄 ( $2n=24$ )
2. 二元體植株被一再摘心後，在癒結a處產生兩嫩芽：一為b (二元體)；一為c (四元體)。
3. 二元體植物由2之二元體嫩芽b發育後，以無性繁殖法培育者，能產生二元體之種子。
4. 四元體植物由2之四元體嫩芽c發育後，以無性繁殖法培育者，能產生四元體之種子。

### C. 遠心力刺激法

將生物置於遠心力機 (Centrifuging Machine) 中急速迴轉，亦能誘致突變。此種方法，最初應用於動物，為日人川口氏所設計。氏以家蠶剛產下之卵，置遠心力分離器中，急激迴轉，結果使蠶之染色體倍加而成四元體。1930年勃利斯拉浮克 (L. Breslovec) 氏自煙草之同一成熟之花中，取出花粉放入試管中，並在試管中放入10%之蔗糖溶液，置遠心力機中迴轉五分鐘，將花粉取出，滴以碘酒，用顯微鏡檢之，見花粉內澱粉粒均偏於一方。由此吾人可相像此種物理作用，可以更變細胞內部之組織，而產生突變也。

### D. 鐳鏡照射法

蓋琪 (Gager) 氏以蔓陀羅之幼芽照以鐳光 (Radium)，在第三代九十三株植株中，發現二十株染色體異常者。其中大部份皆係

於普通染色體外，增加一或二個額外染色體，即所謂異元體。

史丹因 (E. Stein) 氏於 1936 年報告：以鐳光照射金魚草之結果，能使生殖質發生因子突變。氏將經過處理之植株所產之種子播種後，得一無花粉囊、花器萎縮、雌性稔性異常之植物。後使之與正常植株交配，第一代仍得正常株；第二代有四突變種出現：一為早期枯死植物；一為極強健之植物；一為表皮凸起狀植物；一則為多花植物，均為隱性因子突變也。其中表皮凸起狀者，與正常植株交配後，所得 1294 株植物中，981 株為正常，359 株為表皮凸起，恰成 3 : 1 之比。回交後得 1 : 1 之比，證明為一對孟特爾氏因子之作用也。由此可見鐳光照射可以誘致突變。

#### E. 紫外線照射法

紫外線 (Ultra-violet Ray) 亦可誘致突變。史丹勃 (H. Stubbe) 及諾斯林 (W. Noethling) 二氏 (1936) 曾於金魚草之花蕾上，照以用三稜鏡分離之紫外線，而研究其花粉於受精後之  $F_1$  及  $F_2$  如何發生變異，其結果謂波長 280 至 285  $m\mu$ ，突變發生最為顯著。水銀之光帶 (Spectrum)， $\lambda = 254m\mu$ 、 $265m\mu$ 、 $297m\mu$ 、 $503m\mu$  及  $513m\mu$  之紫外線投射時，皆足以增加突然變異。

#### F. X光照射法

以 X 光 (X-ray) 誘致突變，其企圖最早，成功亦最顯，方法亦簡單，故應用極廣。由 X 光處理後，常引起各種可遺傳的及不能遺傳的變異。然一般言之，以可遺傳的變異為多。X 光所誘致之可遺傳的變異，可大別為三種：(1) 因子突變，(2) 染色體地位之變化，(3) 染色體量之變化。

例如：日人片山義勇氏 (1936) 曾以 X 光處理小麥之花粉，以觀其單元體出現之機會。結果在自然情況下，單元體出現之機會僅 0.5%；用 X 光線處理者，增至 17.6%。

史丹樓 (Stadler) 氏取大麥種子以 X 光照射之，於後代中得 800

餘株突變種，大半爲葉綠素之改變，如白苗、黃苗及斑葉苗等。此種突變多爲致死因子，少能生存以至開花結實者。氏又在大麥與燕麥中取染色體數目不同者之品種，照以 X 光，發現凡染色體數目少者，其突變率高，多者則低。例如：含有七對染色體之燕麥，其突變率約與染色體爲七對之大麥相等；含有十四對者稍低；二十一對者尤低，僅及大麥之百分之一。（參考第十一表）

其餘關於用 X 光照射而得突變，其例甚多，不勝枚舉。此外，尚有人以電波、電磁、超音波等以圖誘致突變者。

## 二 化學的方法

### A. 秋水仙精

用化學的方法以誘致突變者，目前以秋水仙精 (Colchicine) 之應用爲最廣，且最有功效。

秋水仙精者，爲自秋水仙 (*Colchicine autumnale*) 柱頭上提取之一種植物鹼，具有麻醉作用。以之處理種子、幼芽、花蕾、花粉、嫩枝等，常可造成多元體。蓋當染色體分裂後，如遇秋水仙鹼之作用，染色體之行動，受其麻醉，致不克分赴兩極，因此而生成二倍染色體之核。反覆處理之結果，可以造成各種多元體。

例如：戴門 (H. Dermen) 氏 (1938) 以鴨跖草科之紫萬年青爲材料，用 0.1% 至 1% 之秋水仙精溶液，以脫絨棉塗於適當發育之花蕾上，以觀察其體細胞 (雄蕊上之毛茸) 及生殖細胞之變異。發現在體細胞染色體分裂之中期，以 0.5% 之秋水仙精溶液處理時，可得體細胞增大之八元體；花粉母細胞亦可變爲四元體。若處理在減數分裂之前，則多生成四元體之花粉粒；若處理於減數分裂之後則生成二元體之花粉粒。

孟特斯 (A. T. Mendes) 氏於 1939 年用 0.15% 秋水仙精水溶液處理陸地棉與草棉之種子，得多元體植株。經細胞研究後，1941 年發表其所得者爲八元體美棉與四元體草棉。拔斯雷 (T. O. Beasley) 氏

於1940年以0.2%秋水仙精水溶液處理各種棉花之雜種與普通棉之幼芽及幼苗，得一、二、三、四、五、六、七元體之植株與枝條。彼之結果，除一般性狀發生變異外，多元體纖維之長度，較普通者長1.4倍，直徑大1.3倍，每一種子上纖維之數目亦較多。

應用秋水仙精以誘致多元體，其途徑有二：一以秋水仙精溶液直接處理原為二元體植物之種子、幼苗、花蕾等；一則先作種屬間雜交，處理其第一代雜種，所得多元體，即雜合多元體（Amphipolyploid），於是可保持其雜種勢，復可因染色體之加倍而得生長旺盛等優良結果。而其最大優點，即為第一代雜種之不孕性一變而為可孕，且成純種，繁殖而不變。

截至目前為止，應用秋水仙精以誘致多元體，除園藝上之花卉外，作物中有黑麥、大麥、蕎麥、玉蜀黍等。其種粒大小，較原來之二倍體大25—75%。他如甜菜與烟草，亦以此法得多元體，結果甜菜糖分之含量增12.2%，烟草之尼可丁含量增35.3%。由此觀之，應用秋水仙精誘變以育成良種，前途誠方興未艾也。

### B. 氣仿

李賓(Rybin)氏以含 $2^4$ 對染色體之烟草(*Nicotiana tabacum*)與含 $1^2$ 對染色體之*N. glauca*雜交，產生 $3^6$ 條染色體之第一代雜種。惜無生殖能力，乃取一部份枝條以氯仿(Chloroform)氣體薰蒸八日，此枝條發生之花，自交後，得含有 $7^2$ 條染色體之可孕植株。

### C. 其他化學品

麥克唐各(Macdonnell)氏謂注射硫酸銅、硫酸鋅、硫酸鎂、硝酸鈣於植物之子房，亦可產生突變。

## 三 人工雜交法

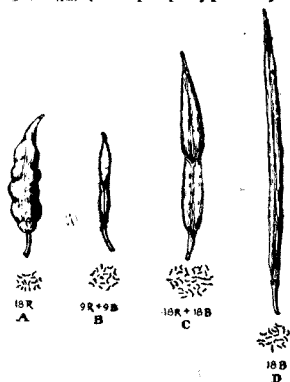
種屬間行人工雜交，亦常可得變異種。例如茄科植物，往往因異種屬交配，其雌核雖入卵內而不受孕。但因刺激作用，常產生所謂偽雜種(False Hybrid)。普通此種偽雜種之發生，多為二個細胞合體而成，具

有 $2n$ 染色體之細胞。然亦有僅雌性配偶子直接發育，遂產生單元體。

又親緣稍遠之異種間交配， $F_1$ 常出現單元體，如蔓陀蘿卽有此種情形。其根端細胞之染色體數僅及普通之半，個體矮小而纖弱。水稻亦有因遠緣雜交，發生單性結實（Parthenocary）於是變爲單元體，此爲日人盛永福島（1934）及中村（1933）二氏所發現。其植株矮小，生長頗緩，葉較短狹，小穗小而無結實，染色體分裂時不成對。

此外以染色體不同之二品種交配，常可得種種多元體與異元體，此吾人已於育種中與變異章中詳述，不贅。

異種屬間交配，又常可以有天然之雜合多元體（Amphipolyploid）出現。例如：卡百申各（Karpechenko 1923）氏以蘿蔔（*Raphanus sativus*）（ $n=9$ ）與甘藍（*Brassica oleracea*）（ $n=9$ ）雜交，在 $F_1$ 根端細胞爲 $2n=18$ ， $F_2$ 中有具有36條染色體之個體，此個體之染色體爲二者之和而又加倍，故爲雜合二元體（Amphidiploid）。日人寺澤保房氏亦曾於此種交配之第二代中，得雜合二元體之新種，因其兼有蘿蔔（*Raphanus*）與白菜（*Brassica*）二者之特性，故名曰“蘿菜”（*Raphano-brassica*）云。圖示如右：



圖十二 甘藍與蘿蔔雜交後之莖形及染色體數目。（仿Karpechenko）

R.代表蘿蔔（*Raphanus*）之根尖細胞染色體。

B.代表甘藍（*Brassica*）之根尖細胞染色體。

A.蘿蔔 $2n=18$ （18R）

B.甘藍 $2n=18$ （18B）

C.爲雜合二元體（即異型四元體） $2n=36$ （18R+18B）

D.爲二元體雜種 $2n=18$ （9R+9B）

由上所述諸事實觀之，吾人不難想見，人工引變之前途有無限希望，而將為今後生物學家與育種家努力之新途徑。使可按人類之意志為自然界創造真正之新品種。

### 討 論 問 題

1. 試述引種法之意義、原理及功效。
2. 何謂馴化試驗及區域試驗？
3. 選種之主要目的安在？試就選種之目的，比較集團選種與單本選種之功效。
4. 集團選種法中有“選優法”、“去劣法”及“多數集團”選種法，試分別解釋其意義。
5. 何以“繼續選種”在天然自花授粉作物為無效，而在異花授粉作物為有效？
6. 單本選種如何因作物之種類、繁殖法及授粉法之不同而異其方法？
7. 試比較單本選種及集團選種進行之程序。
8. 何謂人工自交？其目的安在？
9. 系譜法 (Pedigree Method) 與混合法 (Bulk Method) 有何不同？優劣如何？
10. 何謂混合系譜法 (Mass-Pedigree Method)？為何人所創？其功效如何？
11. 試述回交育種法之意義及重要。
12. 設有 6 對異質因子之雜種，自交或與同質顯性之親本回交後，應各有若干機會顯現同質顯性因子型之個體？
13. 10 對異質因子型之個體，回交 5 代後，由雷起 (Richey) 氏表求同質接合子之百分率。
14. 試述人工引變之實用價值。
15. 秋水仙精對作物育種上之貢獻如何？

16. 試述番茄屬大摘心可以引起發生芽變之理由。
17. 試述史丹樓 (Stadler) 氏測定大麥 X 光引變效果之方法。
18. 何謂“Raphano-brassica”?

## 參 攷 文 獻

1. Bahcock, E. B. and Clausen, R. E. *Genetics in Relation to Agriculture*, N. Y. 1927.
2. Beasley, T. O. *The Production of Polyploids in Gossypium*, Jour, Heredity, 31 (1) 1940.
3. Beasley, T. O. *The Origin of American Tetraploid Gossypium Species*. Amer. Nat. 74 (752) 1940.
4. Briggs, F. N. *Breeding Wheats Resistant to Bunt by The Back Cross Method*, Jour. Amer. Soc. Agron. 22 239—244 1930.
5. Briggs, F. N. *The Back Cross Method in Plant Breeding* Ibid 29 : 971—773, 1935.
6. Crane, M. B. and Lawrence, W. J. C. *Genetics of Garden Plants*, 1938.
7. Harlan, H. V. and Martine, M. L. *A Composite Hybrid Mixture*, Jorm. Amer. Soc. Agron. 21 : 487—490 1929.
8. Hayer, H. K. and Alexander, L. *Method for Corn Breeding*, Minn. Agr. Exp. Sta. Bull. 249 1924.
9. Hayer, H. K. and Garber R. J. *Breeding Crop Plants*.
10. Hayer, H. K. and Immer, F. R. *Method of Plant Breeding*.
11. Hunter, H. and Leake, H. M. *Recent Advances in Agricultural Plant Breeding*, London 1933.
12. Love, H. H. *A Program for Selecting Small Grains in Successive Generation Followed by Hybridization* Jour. Amer. Soc.

- agron, 19 : 705 12, 1927.
13. Mendes, A. J. Induced Polyploidy by Treatment with Colchicine *Nature*, 143 1299, 1939.
  14. Nebel, B. R. and Ruttles, M. L. 1938, The Cytological and Genetical Significance of Colchicine, *F. Heredi.* 29.
  15. Richey, F. D. The Convergent Improvement of Selfed-lines of Corn, *Amer. Nat.* 61 : 430.—449. 1927.
  16. Sinnott, E. W. and Dunn, L. C. *Principles of Genetics*, 1939
  17. 田中義麿，人爲的突然變異。



## 第八章 作物育種之程序

無論何事，自始至終，必也有一定程序，然後事業之進行，有條不紊，而成功自速。作物育種亦然，夫改良作物品種，非一朝一夕之功所克成就，必須有長時間之精密比較試驗，方可斷定某品種確優確劣。設進行之初，毫無程序，或因人事關係，朝令夕改，則徒耗財力，而結果鮮有成功者也。作物育種之程序，固因作物種類與育種方法而有不同，然其步驟，不外首應根據實際情形以計劃設計，確定育種目標，次乃根據此種目標以收集材料，並整理之以供第三步之試驗比較，最後乃就所得優種繁殖而推廣之，於是育種之大功告成。

### 第一節 計劃設計

#### 一 調查當地品種

計劃設計之初，必有事實以爲根據，故調查當地品種，乃爲作物育種之第一項工作。蓋每種作物，皆有其適宜之環境，大凡本地舊有之品種，因栽培既久，對於所在地之風土環境，富有適應能力。故吾人欲在某所在地進行作物品種改良工作，必先由調查當地品種入手。本乎此，方知本地品種之性狀，何者優良，何者惡劣。將來實施育種工作時，對於優良性狀可設法保存，對於惡劣性狀，則知所淘汰或改進之。庶無盲從或漫無頭緒之弊病矣。

關於當地品種之調查，應注意下列各項，特擬表以明之：

A. 調查地點 省 縣 村 \_\_\_\_\_ 年 月 \_\_\_\_\_ 日 調查人 \_\_\_\_\_

B. 作物名稱 品種名稱 \_\_\_\_\_ 別名(土名) \_\_\_\_\_

C. 品種特性：

1. 每畝產量(以每年平均產量爲標準)

2. 品質優劣(以市上所需要者爲標本)

3. 病蟲害之抵抗力
4. 旱害寒害之抵抗力
5. 利用肥料之能力
6. 出穗期及開花期
7. 成熟期及收穫期
8. 田間生長情形(如倒伏、脫粒、整齊、分蘖多少、植株高度等)

D. 栽培方法：

1. 最適應之氣候(如雨量、溫度、風、日照等)
2. 最適應之土壤
3. 最宜之肥料情形
4. 需要灌溉或排水否
5. 播種期及播種法(株距、行距及播種量)
6. 除草及中耕次數
7. 輪栽制度

E. 品種混雜之程度

F. 品種之等級及價格

G. 用途

## 二 預定育種目標

上述當地品種調查工作完畢後，吾人既可根據當地品種之優劣點，與當地農民及市場之需要，而決定育種之目標。例如當地品種之缺點為不能抵抗病害與產量太低，則吾人對於某作物之目標，當在育成一抗病及豐產之品種。如市場上對於當地品種之品質頗不滿意，則育種目標當側重品質之改良。曾聞美國某大學最初對於小麥育種，專致力於增加產量，費五六年工夫，育成若干品種產量超過當地品種百分之三十以上。但此項新品種皆係硬小麥，為紐約市場所不歡迎(因紐約市場需要軟小麥)，以致不能推廣於農民。於是不得不改變目標，注意品質改良，近

已育得豐產之軟小麥，不特為市場所歡迎，且為農民所樂種。由此可知預定目標為作物育種之先決問題。

育種之目的不外乎增加產量、改良品質及減少品種因環境關係而蒙受質與量之損失。在第一章內已詳論之，毋庸贅述。

茲將各類作物育種之重要目標列述如下，以便育種者酌量當地情形，加以注意：

#### A. 禾穀類作物 ( Cereal Crops )

1. 冬季耐寒性 ( 指冬季作物 )
2. 稈之健全性
3. 成熟期
4. 抗旱力
5. 品質之優劣
6. 不脫粒性之強弱
7. 芒之有無或光芒糙芒 ( 大麥 )
8. 穎殼 ( Hull ) 之百分率 ( 大麥、燕麥 )
9. 種子之色澤
10. 產量之多寡
11. 生長競爭之習性
12. 其他植物學上之性狀
13. 抗病力
14. 抗虫力

#### B. 豆菽類作物 ( Legume Crops )

1. 油分之多寡
2. 產量之高低
3. 區域適應力之大小
4. 生長之習性 ( 直立或蔓生 )
5. 成熟之遲早

6. 種子之色澤

7. 生長競爭之習性

8. 抗病虫害之能力

9. 種粒之大小

10. 爆裂之程度

C. 根類作物 (Root Crops)

1. 根部與上部之比例

2. 糖分之含有量 (甜菜)

3. 肉與皮之色澤 (甘藷)

4. 大小形狀之整齊與否

5. 食味之佳劣

6. 種子之產量

7. 品質

8. 產量

9. 抗霜害之能力

10. 抗病力

D. 飼料作物 (Forage Crops)

1. 生長習性 (高矮、盛衰、一年生或多年生、蔓延或直立)

2. 品質 (飼料部分之品質：脆嫩、多水分、多糖分、多營養料)

3. 抗旱力 (可否栽培於高原荒山之地)

4. 韌之強弱

5. 對於土壤有機質之影響 (以豆科植物為佳)

6. 營養價值

7. 根之多少

8. 割刈後之恢復能力 (可供放牧或青飼等)

9. 抗寒力 (可否推廣於邊疆冷地)

10. 產量 (不一定指種子)

11. 食味之佳劣 (Palatability) (指牲畜之嗜好)

**E. 纖維料類 (Fiber Crops)**

1. 纖維之產量
2. 子實之產量
3. 纖維之品質 (長度、細度、整齊度、撚曲度、強度、色澤)
4. 子實之品質 (含油量之高低)
5. 纖維與子實之比例
6. 抗風抗雨力
7. 抗旱力
8. 抗病抗虫力
9. 收割調製之難易

**F. 油料類 (Oiling Crops)**

1. 產量之高低
2. 油分之高低
3. 油質之優劣 (碘值 Iodine Number、滯性 Viscosity)
4. 成熟之遲早
5. 其他適應環境之能力

**G. 嗜好料類 (Stimulants)**

1. 產量之高低
2. 有效成分之含量 (如煙草之尼古丁, 茶之茶精)
3. 色澤光亮新鮮
4. 香味濃郁
5. 可燃性 (煙草)
6. 其他適應環境之能力

**H. 果樹 (Fruit Crops)**

1. 免疫性 (抗病抗虫)
2. 豐產
3. 生長強健 (適應風土、壽齡長久)

4. 特別早熟或晚熟(適應市場需要)
  5. 果實大小(適當)
  6. 皮色(適合市場需要)
  7. 品質佳
  8. 耐貯藏
  9. 風味香氣
- I. 蔬菜(Vegetable Crops)
1. 抗病
  2. 品質(食味、香嫩、甘脆)
  3. 貯藏力(耐運輸)
  4. 早熟
  5. 抗冷
  6. 不抽花梗
  7. 適應力強
  8. 葉色
- J. 花卉(Flowering and Ornamental Plants)
1. 適合佈景(盆景、房景、園景、路景)
  2. 抗病蟲害
  3. 抵抗不良環境(如抗冷、抗熱、抗霜、抗旱)
  4. 新奇(植株高矮、花型大小、花瓣重單)
  5. 易繁殖(無論有性或無性)
  6. 開花期久長

## 第二節 準備材料

### 一 收集育種材料

育種之目標既定，即可收集合乎需要之材料。收集材料之法有二：一曰徵集；二曰採取，分述如下：

### A. 徵集著名品種

所謂徵集品種，並非指一穗、一株而言，乃具有同樣特性之一個羣體也。此項品種如無天然雜交、機械混雜或發生突變，可以稱為純系。其來源有二：一為農家所習種者，例如水稻方面，有廣東農民所習種之東莞白、安徽當塗之帽子頭、浙江奉化之露白秈、浙江餘姚之早晚青等；小麥方面有武功螞蚱麥、徐州火燎芒、杭州蜈蚣麥等；果樹方面有上海水蜜桃、新會甜橙、黃岩蜜橘等，皆為各地農民所習種之著名品種，可以用引種方法改良者也；二為農事試驗場所改良者，例如開封農場所改良之K124小麥、金大之N2905小麥、中大崑山農場之Ⅲ—16—258A稻種、浙江農改所之早秈508、日本之改良濶州蜜柑、美國湯姆生臍橙(Thompson Navel Orange)等，皆為他處已經改良之品種，可以引種後擇其適應當地環境者而繁殖之。吾人徵集品種時對於下列三點應加注意：

- (1) 品種原產地之氣候環境最好與試驗地相似或同在一緯度內。
- (2) 徵集品種之種子須已經消毒而無病害者。
- (3) 輸入品種須真確純潔及種子新鮮者。

### B. 徵集各式單本

在試驗地附近或遠處，採集式樣不同而合乎目標之單本，或穗或株均可。其目的全在分離純系，及選出天然界已有之優良品種。由此所採集之單本，為作物育種場之基本材料，故宜特別注意。採集單本時，須帶下列各項用品：

1. 麻繩(捆單本用)
2. 紙牌(記載品種原產地、土名及採集日期)
3. 紙袋(裝單本脫粒後之種子用)
4. 網袋(載種子用)
5. 樟腦粉(防蟲害用)
6. 鉛筆(記載用)

7. 日記本（記載每日之工作概況）
8. 自行車（騎自行車採集較為省時）
9. 布口袋（裝紙袋用）

每一田中所採集之單本，用麻繩捆扎成束，以紙牌註明採選地點、品種土名。每日所採集之單本，當設法曬乾或懸置通風處。搬運時或直接裝入網籃內（柳條箱亦好），或將每個單本上之種子分別脫粒裝入紙袋內，放樟腦丸一粒。如此既可免除單本之落粒或混雜，又可防止蟲害。

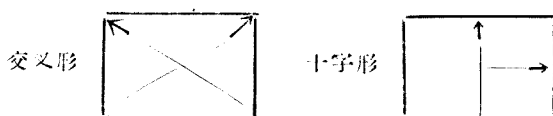
採選任何作物之單本時，應注意下列各要點：

- (1) 須選各地著名之品種……各地原有之品種，雖優劣不齊，但生長多年，對於土壤氣候必甚適合。且某一品種既在基地負有盛名，栽培亦較普遍，則必有其特別優異之處，故須多選其單本以資試驗。遠地品種，亦有可取者，但往往不能適應當地環境。
- (2) 採選之區域宜廣……遠方品種，常因風土不同，不宜多選。至於氣候土壤無甚差異之處，如在試驗場周圍數百里之內，則均須廣為採選，以期尋獲優良品系。
- (3) 所選之數目宜多……採集單本之數目愈多，則獲得良種之機會愈大。但不宜在同一田中選擇極大數量，普通每田祇選單本 20—25 個，每次採集至少須有數千單本，或一萬單本以上。
- (4) 選擇之式樣宜多……採單本之目的，在求得式樣不一之品系，以資比較。故凡生長情形不同或形態各異之單本，能合於育種之目標，均可採集。彼性狀特異之單本，或由於可以遺傳之突變，尤為不可忽視，如加拿大之著名小麥稱白金洋（Gold Coin）者，即於無意中選得。
- (5) 須選抵抗病蟲害力較強及不易倒伏之品種……品種性質之優劣，不能由外表斷定。但已罹病蟲害及業已倒伏之品種，則劣



迹昭著，萬不可選。倘於有發生病虫害機會之田間，採集無病蟲害者，於倒伏嚴重之田中而選出直立者，則其抵抗力之強盛，與夫莖稈之堅實，或有出衆拔萃之處，故須選出以觀其究竟。

- (6) 採集抗旱、抗瘠之品種……在肥沃潮濕之田中所生長之優良植株，或由於環境使然，不能遺傳。若在瘠土或高原上仍可生長良好者，大抵由於本身抗瘠、抗旱之能力，可以遺傳於後代。一旦栽培於沃濕之地，其成績或更爲優異。故選種時務須多選，不能以其不知生長於沃濕土者之優良而忽視之。
- (7) 在一塊田中採集單本時須走十字形或交叉形……採選單本時，不宜畏難而僅選生長路邊之植株。蓋路邊之植株因受邊際影響，往往生長較好，採集單本時，宜在田之四周中間普遍選擇，其路徑可圖示如下：



- (8) 應擇適當時期採集單本……採集單本之時期，以作物已經成熟而農家尚未收穫，或開始收穫該作物之前爲宜。
- (9) 避免與農民衝突……在農家田中採取單本時，常引起農民之誤會，而妨工作之進行。故須和顏悅色，向農民解釋。如遇穗或株甚大者，如高粱等，可不必整穗採取，以使農民少受損失，僅以刀割取一部分或半穗即可。

## 二 品種歸類

凡徵集或採集之品種，如性狀懸殊，必須歸類，以便試驗時，易於觀察或比較優劣。且品種分類後，倘有混雜，亦易檢視。各種作物品種間之分類方法，當依照其性狀之重要性而決定。茲舉例如下：

## A. 水稻品種之歸類法

(1) 早稻	糯稻	}	有芒
			無芒
	粳稻	—	同上
	秈稻	—	同上

(2) 中稻——同上

(3) 晚稻——同上

水稻品種間之成熟遲早，相差甚大，早稻自播至成熟僅九十日；中稻約需120日以上；晚稻約需150日以上。若以早稻品種與晚稻品種同時試驗。此項不合理之結果，斷不能作為評定品種優劣之根據。同一早稻、中稻或晚稻，品種間因性質不同，用途各異，又可分為糯稻、秈稻及粳稻，亦應分別歸類舉行比較試驗。此外有芒、無芒等不重要性狀可以列在最後。

## B. 小麥品種歸類法

甲、冬小麥	軟小麥	}	紅皮	}	有芒
			白皮		無芒
	硬小麥	—	同上		

乙、春小麥——同上

## C. 梨品種之歸類法

甲 中國梨（日本型亦包括之）

A. 寒地梨—凡產於黃河流域以北，適於較冷氣候者屬之。

如萊陽花梨、鴨兒梨、秋白梨、北平白梨等可以歸為一類。

B. 暖地梨—凡長江流域以南適應之品種包括之。如諸賢黃樟梨、日本之長十郎、二十世紀、菊水、太白、今村秋、晚三吉等，可以歸為一類。

## 乙 西洋梨

A. 晚熟梨—如煙台栽甚宜之巴梨 (Bartlett)、茄梨 (Beurré d'anjou)、秋洋梨 (Flemish Beauty)。

B. 早熟梨—如克那浦法華梨 (Clapp Favorite)

## D. 桃品種之歸類法

1. 南方種 (適於夏季潮濕地方) 如長江以南之各種水蜜桃及日本桃等。
2. 北方種 (適於夏季乾燥地方) 如中國肥城桃、深州桃與歐洲桃等。

## 第三節 分離純系

單本採集之後，每一單本分別於田間種植一行，即所謂單本行試驗。自此每一單行所得之種子，在自花授粉作物，即已成立為一純系。若在天然雜交作物，則更需人工自交多年，逐年分行種植；始能分離純系，固定性狀。茲分述之：

## 一 單本行試驗

每一單本上之種子，分別種植一行曰單本行試驗。在稻、麥等以穗為選擇之單位，故稱曰穗行試驗 (Head Row Test)；棉花等以株或鈴為單位者，則曰株行或曰鈴行試驗；馬鈴薯等以薯塊為單位者，則曰薯行試驗。茲述進行之步驟如下：

## A. 準備種子

每行種子或多或少，則播種疏密不均，易起生長競爭，而影響試驗之準確性。故單行試驗時，最好每行之粒數一律，以單本中種子最少者為單位。例如小麥每穗種子最少者為30粒，則每行一律為50粒。然亦可分組，例如種子在30粒以上者則歸入30粒之一組；在40粒以上者則歸入40粒之一組。按照此種方法，每一單本數出種子若干，分別裝入牛皮紙袋中，多餘之種子，則棄去之。

種子裝入袋中後，在袋上用打號機打以單穗號數。此種號數之編製，即係按照分類之結果，順序而來。通常第一字恆冠以地名；第二字則為穗號。例如以“1”代表武功，則武功之各穗即為1-1, 1-2, 1-3, 1-4.....等。直至武功編完，再接以他地。如鄆縣以“2”代之，即2-1, 2-2, 2-3, 2-4, .....等餘類推。

單穗號數編就後，即將各紙袋順序排列。每隔若干袋，放一袋標準品系 (Check Variety)。標準品系云者，係試驗場所原有最優良之品系或當地農民習種之良種，以便供試驗觀察比較者也。標準品系種子數應與隣近各袋相同。裝標準品系之紙袋，顏色應與裝單本種子者相異，以便視別，通常用白紙袋裝之。應隔若干行置一標準行之間，須視作物性質而定。行間距離近者，標準行應少，如小麥之類，普通逢十為標準行，即每隔九系置一標準行；行距較遠者，則標準行應多，如大豆之類，每隔四行置一標準行，即逢五逢十設置之。

標準行種子宜多備若干袋，以作特別標準行 (Extra-check) 及保護行 (Guard Row) 之用。標準行為逢五或逢十設置，以作比較之標準者。但有時需要比較之標準非逢五或逢十，則即設置特別標準行以應之。保護行則種於邊行，以作保護用者。

標準行插入後，吾人乃可於紙袋上順次以打號機打行號。

## B. 編製種植計劃書

行號編就後，吾人乃將行號與品系號數列入對照表，以為種植之根據，並為將來田記載之用。計劃書通常用方格紙製之，單本行種植計劃書之格式，舉例如下：

大豆株行試驗種植計劃書

武功三道原農場 1947

來	源	系	號	行	號	田	間	記	載
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

武功	Exch	0	
	1-1	1	
	1-2	2	
	1-3	3	
	1-4	4	
	ck	5	
鄜縣	1-5	6	
	1-6	7	
	1-7	8	
	2-1	9	
	ck	10	
	2-2	11	
	2-3	12	
	2-4	13	
	2-5	14	
	ck	15	
	2-6	16	
	2-7	17	
	2-8	18	
	2-9	19	
	ck	20	
興平	3-1	21	
	3-2	21	
	⋮	⋮	
	⋮	⋮	
	⋮	⋮	

計劃書前應附以說明書，以便日後查考，說明書上記明下列諸項：

- a. 場名 (Name of Station)
- b. 試驗設計 (Design of Experiment)
- c. 品系數 (Number of Strains in Experiment)
- d. 行長 (Length of Row)
- e. 行距 (Distance between Rows)
- f. 種植行數 (Number of Row Planted)
- g. 株距 (Distance between Hills or Plants)
- h. 播種量 (Rate of Seeding)
- i. 標準品種 (Check Variety)
- j. 播種期 (Date of Planting)
- k. 間苗期 (Date of Thinning)
- l. 收穫期 (Date of Harvesting)
- m. 當選品系總數 (Total Number of Strains Selected)

計劃書應備正副二份，以防意外。編就後，應與種子紙袋上之號數，詳為校對，如無錯誤，即可將種子每五或十袋以橡皮圈束捆，順序排列於木盒中，以備播種。

### C. 播種

單本行試驗之行長、行距，視作物種類而定，普通均為短行。如水稻及麥類為3尺；大豆5尺；小米五尺；棉花4—10尺。播種以前，於整平之試驗地上，先以劃行器按預定之行距劃縱行，然後於二端用尺量定行長，插鐵棒於四角，以麻繩拉緊圍繞之，播種時即以此繩為範圍，過或不及，皆非所宜。

以上手續既畢，乃散種子袋，按計劃書上之號碼，順序排列，校對無誤後，即可播種。先種二行保護行及一行特別標準(Exck)，然後順序播品系。並在每十行之行端，插一木牌，標以行號。以便田間記載時，查考之用。



圖十二 散紙袋及校對行號

通常同一試驗互非一排完畢，而係分別作數排(Series)。一排已終時，第二排即自靠第一排之末端開始，順序相連，向反方向進行。每排之開始時，均係置一Exck，末行則置Ck，其後復各設保護行二行，此外試驗地之四周，並須種保護行數行。

播種完畢，即繪一地圖，所謂田間種植圖(Field Map)。表明試驗地之方向、位置及試驗行排列情形。其格式可參閱田間試驗之困難及補救辦法一章。

#### D. 記載及收穫

當作物生長期間內，須時至田間觀察。凡有可注意之事項，如發芽狀況、發芽百分率、病蟲害之有無及程度、生長情況、分蘖力、莖稈之健否、成熟期、成熟之程度齊一否、各行之性狀是否一致等，隨時記入計劃書之記載事項下。俟成熟之時，即可選優汰劣。其法以鄰近之標準行為標準，將優者留之。選留之多寡，視人力、物力之經濟情形及需要而定，普通大約選留百分之20至30，被選者即於行端植株上掛一拴鉛絲或麻繩之紙牌，牌上註明該行之行號，並於計劃書上相當之行上劃以“√”號。選留時應根據下列之諸點：

1. 植株生長整齊一致；
2. 無病蟲害侵襲之跡象；
3. 有產量豐高之表徵；
4. 莖稈健強不倒伏；
5. 無自由落粒之情形；
6. 其他優良性狀。

優良品系選定後，即可收穫，將掛有紙牌之各行，分別割取，即以該行附有紙牌之鉛絲縛着上部，下部另用細麻繩扎緊之。然後運回，順序掛於掛藏室中，令其乾燥。其未當選各行，即被棄去，混合收割可矣。

乾燥後，即行脫粒，各行之種子，分別盛於大牛皮紙袋中。袋外註明各該行之行號，並將紙牌亦放入袋中。且加棉繭丸一二粒，以防蟲害，然後貯藏以供來年種植。如爲自花授粉作物，則此每一袋種子，即成一純系。而分離純系之工作，至此遂告完成矣。

## 二 產生人工自交系

### A. 常異交作物之分離純系法——混合法

上述自花授粉作物，但須將各單本之種子分別種植，即成一純系。故分離純系之工作，極爲簡單。異花授粉作物則不然，雖將各單本種子分別種植，然各行所得種子種植後，仍非爲純系。故欲分離純系，須繼續作多年之人工自交，此吾人已論之甚詳，不用贅述矣。

常異交作物因天然異交率尚低，故遺傳組織猶不十分混雜。第一年選得單本後，亦如天然自花授粉作物，行單本行試驗，此後即進行比較試驗工作。目前所採用者，其方法與程序，與自花授粉作物完全相同，不過每年於各系中選生長健全之植株，自交若干株；每系各行自交之種子，經室內考查，選留一部，混合之以供來年試驗行之種子。若另行設置種子行 (Seed Rows)，專以人工自交，供純潔種子者，則在試驗區中，併此種選單株自交之工作亦不必爲。其方法乃與自花授粉作物完全一致矣。惟吾人須明瞭者，自花授粉作物之品種比較試驗，純爲比較各純系之優劣；而在常異交作物之所謂品種比較試驗，乃同時以人工自交分離純系之工作在內。適當自交四五年後，純系分離時，優良之純系亦已獲得，而品系之優劣，始可確定。

### B. 常異交作物之分離純系法——系譜法

若常異交作物之天然異交率較高，遺傳組織較雜，用混合法以分離純系之工作，較難收效，則可行系譜法分離之。其程序如下：第一年 單本行試驗——每行選二本自交，室內考種留一本，供下



年試驗之種子。

- 第二年 二行試驗——將上年之自交株，每株種一行，重複一次，共種二行。開花時每系自交四株。收穫後，比較各行之產量，優者留之。再自此四自交株中，考種後留二株，以供下年試驗之用。每株給以系號，如1-1、1-2，為自第一系中選得之二系。
- 第三年 第二次二行試驗——自上年選留品系之二自交系，每系種一行，重複一次，共二行。進行之方法如第二年，選留之株給以系號，如1-1-1、1-1-2，為自1-1而來之二單本；1-2-1、1-2-2為自1-2而來之二單本。
- 第四年 第三次二行試驗——用上年各系選留之自交本，每本種一行，重複一次，其法悉同上年。留選之單本例如自1-1-1而得者，則給予系號1-1-1-1、1-1-1-2，餘仿此。
- 第五年 四行試驗——將選留之各系，每系種一行，重複三次，共四行。每系再自交四本，一切方法與過去相同。此時可觀察各該品系之形態，如一致時，則為純系業已分離，即可將各該系之四自交本種子混合，仿自花授粉作物比較試驗之程序，進而作七行試驗可矣；若形態仍未一致，則於每系選行自交四本。再作四行試驗一年，

此種分離純系之方法，係沈宗瀚氏於高粱育種時所倡者，分離純系之效果較速。

### C. 天然雜交作物之分離純系法

上述常異交作物分離純系之方法，乃與品種比較試驗同時進行者；而天然雜交作物之分離純系工作，則單獨為之，待純系分離之後，再進而作比較試驗。

分離之方法，第一年種為單本行。自單本行中，於開花時，每行選擇優良之植株，留作來年種子。惟開花時所見生長良好之植株

，成熟後，再考查其他性狀，往往未必優良。故自交之株數，須多於下年種植所用者，待室內考查時，再留一半，給予系號。其方法一如常異交作物之系譜法，惟歷年選優去劣，悉憑田間觀察，不計算產量。以是每系每年均種一行，不必重複。如此繼續自交，至少四年，待品系純潔而後止，所得即為人工自交系。再以比較試驗決定其優劣。

#### 第四節 品種比較

##### 一 歷年試驗之程序

純系既經分離，性狀自必固定，乃可舉行品種比較試驗。選當地最優良之品種，作為標準，藉以比較各品系間之各種形態、性狀及田間生長情形。並須應用生物統計方法，計算產量結果，同時測定品質之優劣。此項試驗，繼續進行三至五年，每年選優去劣。

品種比較試驗之方法，有所謂秩序排列與隨機排列等各種方法，吾人將於“作物育種與田間技術”一章中詳論。目前國內育種試驗場所通者，在最初數年，如品種數目甚多，則以秩序排列法為便利；以後品種數目較少，需要精密比較時，則以採用隨機排列為佳。茲舉一般所用之程序如下：

**第一年……二行試驗……**行長、行距當根據該作物試驗區規劃試驗之結果而決定。每品種重複一次，共種兩行。品種比較時，憑田間記載與產量計算之結果。二行試驗之品種，係單本行試驗時所被選者，其優良品種，可以升入下年之五行試驗。自第二年，可分一份材料，舉行抗病試驗；品種取捨以抗病力為標準。

**第二年……五行試驗……**行長、行距同上。每品種重複四次，共種五行。品種比較，憑田間觀察及五行平均產量之計算結果，本年被選品系，可以升入下年之十程行試驗。

第三年……十稈行試驗……十稈行之行長、行距同上。每品系重複九次，共種十行。品種比較，憑田間記錄及產量計算。本年被選品系，可以升入高級試驗。

第四年……高級試驗……三行一區，行長、行距同上。每品系重複五次至九次，即共種六區或十區。此時品種數目已漸漸稀少，故可舉行精密試驗；又為避免土壤差異之影響及合乎計算原理起見，品種間田間佈置之次序，改為隨機排列。比較優劣時，除根據田間記錄外，并以變異數分析法，計算產量結果，同時考察品質。為慎重計，高級試驗最好繼續舉行二三年，然後決定最優良之品種，以供推廣。

今後純系育種程序中，如能一律以抗病、抗蟲、抗旱及其他優良性狀為取去標準，則新品種失敗之機會，當大為減少。

上述步驟，係舉例說明而已，不能視為成規，育種者可以斟酌情形，變通辦法。或增減重複次數及區之大小，或變更升級、留級及淘汰之標準，均無不可。

## 二 每年實施之方法

### A. 編製種植計劃書

不論何種試驗，第一步工作均須編製種植計劃書。品種比較試驗之種植計劃書，較單本行所用者，略為複雜，應包括下列諸項目：

- a. 品種來源 原產於何地，即自何地採得或徵得。
- b. 品系名稱或號數 即純系之號數，名號應固定不變，成為該品系之專有名號。
- c. 去年行號 以便檢查各品系之歷史。
- d. 今年行號 按品種及標準品種之如何分佈（逢五或逢十），及重複次數之多寡，用打號機順次打號。在秩序排列時，第一系之行號起始應為1。第一重複終了，第二重複應與第一重複並列。

行號之末字，亦應爲一，如第一重複終了非爲零時，則可跳過之。第三次重複亦如之。每一行號下應空二格，以備將來登記產量。第一重複第一系行號，乃接於同一類試驗之其他試驗後者。例如本年小麥試驗，共有單本行、二行、五行、十行、高級試驗五種。則單行可自一號開始，單行完後，接以二行；二行完後，接以五行。惟每一試驗開始，其行號之末字，均須爲一。前一試驗結束非爲零者，可跳過之。每一種作物之各種試驗，行號不宜有雷同，以防混淆。

茲舉一計劃書之格式如下：

小麥五行試驗種植計劃書

品系來源	品系名稱	去年行號	今年行號				
			I	II	III	III	V
	<b>Exck</b>						
杭 州	1—21	2003	3001	3201	3401	3601	3801
	1—47	2011	3002	3202	3402	3602	3802
平 湖	2—3	2034	3003	3203	3403	3603	3803
	2—1	2037	3004	3204	3404	3604	3604
	<b>CK</b>		3005	3205	3405	3605	3805
餘 杭	2—11	2041	3006	3206	3406	3606	3806
	3—4	2047	3007	3207	3407	3607	3807
	3—7	2048	3008	3208	3408	3608	3808
	3—9	2176	3009	3209	3409	3609	3809

	CK		3010	3210	3410	3610	3810
吳興	4—11	2214	3011	3211	3411	3611	3811
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
			3190	3390	3590	3790	3990

計劃書上須附以說明書，其格式如單本行試驗所用者，惟須加下列諸項，以示負責：

產量計算者 ( Calculated by )

計算校對者 ( Checked by )

改算種子 ( Converting Factor )，( 改算因子之意義，俟田間技術章中述之 )。

### B. 預備種子及播種

種植計劃書篇就後，即可根據之以預備種子。每行種子裝入一袋，紙袋上寫明該品種之名稱，並按計劃書上之行號，用打號機打同一行號，次第排列，裝木盒中，以待播種。

播種之手續，一如單本行試驗，先種第一重複。第一重複種完後，如不為零號，則加一特別標準 ( Exck )，接種第二重複。如此順序為之，最後如不為零，亦須加一特別標準 ( Exck )。其餘一切工作如校對、插木牌、種保護行等，亦如單本行試驗，不贅。

### C. 田間記載

品種比較試驗，固以產量計算為決定品種優劣之標準，然田間試驗可能發生之差誤甚多，單就產量計算之結果，以定品種之優劣

，是否可靠，實屬疑問。是以近年來育種學家皆着重於田間之觀察與室內致育，藉以補產量計算之缺陷。記載與致育之對象，因作物之種類而大異，俟各論中詳述之。

#### D. 收穫及稱重

收穫之方法一如單本行，先準備携有小紙牌之鐵絲或麻繩，小紙牌上按計劃書遂行打以行號，然後順號繫于行端植株之頂端，分別收穫。收穫後分行捆束攜回掛藏，待乾燥後，脫粒，裝入紙袋或布袋中。於袋上標明各該行之行號，並將紙牌納入袋中。若種子已充分乾燥，即可稱重。稱時連紙袋稱之，惟須於天平秤上放砝碼之盤上加以相等之紙袋。稱後以鉛筆記其重於紙袋。稱重完畢，即分別將重量登記於計劃書之各該行號之下。然後即可計算產量，以定優劣，其法當俟生物統計在作物育種上之應用章中述之。

### 第五節 連合優性

根據品種比較試驗之結果，吾人對於各品種之長處缺點，已胸有成竹。如某品種已盡善盡美，即可實行繁殖推廣，不必再事雜交。否則，任何品種，各有長處，而同時又各有缺點者，則不得不用雜交方法，希望連合各種優良性狀於一新品種。茲述其進行之步驟於下：

#### 一 實施雜交

##### A. 選擇親代

雜交之第一步工作，為選擇親代，選擇親代應注意下列諸點：

##### 1. 母本應具隱性性狀

雜交時母本應具有一隱性性狀，蓋便於觀察雜交之是否成功也。例如有芒小麥如與無芒小麥交配時，因有芒為隱性，故宜以之作母本，則當雜種種子種下後，如發現為無芒之植株，知雜交已獲成功；否則，便已失敗。若用無芒者作母本，則所結種子種下後，不問雜交成功與否，均仍為無芒，吾人無法斷定

其有否雜交也。設親本雙方各有一隱性性狀，則無論以何者為母本，均無不可，此種情形稱曰相互校對 (Double Check)。

## 2. 親代之優良性狀宜多

設有三品種，其遺傳組織如下 (ABC 均為優良性狀；abc 為劣性狀)：

甲品種具	AA BB cc	因子型
乙品種具	aa bb CC	因子型
丙品種具	aa BB CC	因子型

上列品種，甲丙二品種有二對優良性狀，乙品種僅有一對，若以甲品種與乙品種或丙品種交配，後代中均可得具有ABC三種優性之良種。然獲得此種良種之機會，甲品種與丙品種交配，較甲品種與乙品種交配之機會為多。蓋甲品種與丙品種交配，為二性雜交，在F<sub>2</sub>時AABBCC出現之機會為 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ ；而甲品種與乙品種交配為三性雜交，F<sub>2</sub>有AABBCC出現之機會，僅 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{64}$ 。由此可見親本雙方所含優良性狀愈多，則後代選得具有二親優點新種之機會亦愈高也。

## B. 種植親本

親本選定後，即分別種於短行中，每行以木牌標明其名稱。每一品種最好種三行，分三次播種，相隔約一星期。蓋母本及父本既非同一品種，成熟自必有早晚。若同時播種，則每因花期之不同，二者無法交配，似此每品種分三次種植，則始可免因開花期不同而無法交配之弊也。

親本能種於溫室中當更佳，蓋雜交工作耗費人力、物力至鉅，若不妥為保護，則不免耗費心血。植於溫室中，則可以避免鳥害與夫霜雪風雨等自然力之侵害。若不在溫室內，則田間應設置銅紗網圍以保護之。

## C. 雜交

雜交之手續，將另章詳述，不贅。

## D. 雜種之收穫

種子成熟後，可分別收穫同樣交配之種子，納入一袋。上註明交配之父母本名稱，保存之而供來年使用。

## 二 分離後代

雜交之目的，不過為以人工方法產生變異。待雜種既經產生，仍須分離純系，固定性狀，並舉行比較試驗，以定優劣。比較試驗之方法，一如第四節中所述。分離純系工作則亦已提及，有系譜法及混合法二種。不問為系譜法或混合法，第一代雜種種子，每粒均須分別種植，植株較小之作物，通常均種於花盆中，每盆一粒，發芽後將盆之下半埋入土中，以保持地溫及水分，如能種於溫室中當更佳。除雜種外，每種雜交之父母本，亦須種植二三粒，以便比較雜種之真偽。

第一代植株長大後，仔細鑑別雜種之真偽。若為偽雜種，即拔除之。第一代雜種成熟後，若用系譜法，則須分株收穫，給與系號，來年即分系種植。如此分離數年後，再在其中選擇單本，按第三節及第四節所述程序以分離純系，比較試驗。若用混合法，即將第一代各株種子混合收穫，逐年混合繁殖，至少四年，再在其中選擇單本，進行分離純系比較試驗工作。

茲將洛夫 (H. H. Love) 氏所述此二種方法進行之程序，列表對照如下：

系 譜 法			年 份	混 合 法		
種 植 法	進 行 程 序	收 穫 法		種 植 法	進 行 程 序	收 穫 法
	交 配	分 株 收 穫	1		交 配	分 株 收 穫
分 粒 種 植	第 一 代	分 株 收 穫	2	分 粒 種 植	第 一 代	混 合 收 穫



分株種植	第二代	分株收穫	3	混合種植	第二代	混合收穫
分株種植	第三代	選擇單株	4	混合種植	第三代	混合收穫
	株行試驗		5	混合種植	第四代	混合收穫
	二行試驗		6	混合種植	第五代	選單株
	五行試驗		7		株行試驗	
	十行試驗		8		二行試驗	
	高級試驗		9		五行試驗	
	繁殖區		10		十行試驗	
	大田繁殖		11		高級試驗	
	推廣		12		繁殖區	
			13		大田繁殖	
			14		推廣	

## 第六節 繁殖推廣

### 一 大田繁殖

經選種、雜交及精密品種比較試驗後，真正之優良品種始可確定。於是擇最好者一二種，可以大規模繁殖。其目的有二：優種經大田繁殖（Increasing Plot）後，易于觀察其田間生長情形，一也；繁殖多量種子，以供舉行區域試驗或推廣之用，二也。舉行大田繁殖時，每品種栽培之面積，隨需要種子之多少而定。但此項繁殖區之耕作方法，當與普通農家所實行者，完全相同。

### 二 區域試驗

優種育成後，當分佈於各處舉行區域試驗。可與農家或農事試驗場

合作進行之。其目的在測驗各優良品種對各處環境之適應能力，而定將來推廣之範圍。其方法可採用隨機排列之高級試驗法，擇各地優良品種為標準，而比較之。此項試驗必須舉行三年，方可根據結果，決定品種之適應區域。

夫作物品種之優良性狀，固由遺傳因子之作用所致。且遺傳因子又有永久性而不為環境所變更。但吾人知優良性狀之產生，由於遺傳因子者半，由於環境者亦半。故適宜於甲地之品種，栽培於乙地，因環境各異，其優良性狀，未必能充分表現。此種例子，在第四章（育種與變異）已詳述之。故舉行區域試驗以測定優種適應之範圍，誠為品種改良以後及實行推廣以前之重要工作也。

### 三 示範農田

由區域試驗之結果，改良品種之適應能力及推廣範圍，既已確定。則此後之問題，即如何宣傳此新品種之優點，使農民樂於採用。示範農田，實為種子推廣時最有力之宣傳方法焉。此種示範農田，當散佈舉行於優種推廣區域。試驗材料除新品種外，尚須加入農民所習種之品種，使農民得見新品種與舊品種之田間生長情形，比較之下，相形見拙，如此新品種之優點愈顯，而農民對新品種之信仰益堅矣。

### 四 宣傳推廣

優良品種經示範農田之實地宣傳後，聲譽沸騰，農民遂紛紛購種，常有供不應求之苦。故須廣事繁殖，以供各地農民之就近採用。其法可設立分場、合作場，專事繁殖優種；或選擇精細勤勞之農民，對於改良種確有興趣者，與之特約合作，稱為“特約農戶”，以從事產生大量之改良種子。一面須辦理優種檢定、登記、廣告、獎勵等工作，以免流弊而求普遍。作物育種之工作，至此方告成功。

## 討 論 問 題

### 1. 試簡述作物育種之程序。

2. 調查當地品種之目的何在？并列表說明其應注意之事項。
3. 作物育種之目標當根據何種情形而定？
4. 徵集品種時應注意何種事項？
5. 採集單本時應注意何種事項？
6. 品種歸類之目的安在？試舉例說明之。
7. 何以舉行品種比較試驗之先，應固定試驗品系之性狀，設法分離其純系？
8. 試述純系育種時，品種比較試驗之步驟。
9. 何以雜交後須繼續選種？
10. 大田繁殖之目的安在？
11. 何謂區域試驗？
12. 示範農田之用意何在？
13. 如何能使農民普遍採用改良種子？
14. 試簡述天然自花授粉作物育種之程序。
15. 試簡述異交作物育種之程序。
16. 試簡述天然異交作物育種之程序。
17. 試簡述營養繁殖作物育種之程序。
18. 作物育種工作可分那兩個階段？

### 參 考 文 獻

1. Fisher, R. A. 1937, *The Design of Experiments*, Ed. 2, Oliver & Boyd Edinburgh.
2. Fisher, R. A. 1938, *Statistical Methods for Research Workers*. Ed. 7, Oliver & Boyd.
3. Goullon, C. H. *Modern Method in Field Experimentation*, *Scientific Agr.* No. 1:10, 1931.
4. Hayes, H. K. & Garber, R. J. *Breeding Crop Plants*, 2nd Ed.

- 
- 1927, Chapter V, VI, VIII, IX, XIX, XVI, XX, XXI.
5. Hayes, H. K. and Immer, F. R. *Method of Plant Breeding*, 1942.
  6. Hayes, H. K. and Arny, A. C. Experiments in Field Techniol in Rod Row Test, *Jour Agri. Res.* 11: 399-41, 1917.
  7. Love, H. H. and Craig, W. T. *Methods Used & Results Obtained in Cereal Investigations at The Cornell Station*, *Jour Amer. Soc. Agron.* 10 145—157, 1918.
  8. Love, H. H. & Craig, W. T. *Methods Nowin Use in Cereal Breeding & Testing at The Cornell Agri. Exp, Station Jour. Amer. Soc, Agron.* 16: 109—127, 1924.
  9. U. S. Dept Agr. *Year Book* 1936, 1937.

## 第九章 植物抗蟲育種

近世農業日益進步，而害虫肆虐，亦隨之愈烈。欲謀防除，困難甚多。蓋某種植物之害虫，其種類與數量，每因由他處輸入或因其轉移食性，有繼續增加之趨勢，以致甲虫未滅，乙虫復起，防不勝防者一也；此種害虫繁殖迅速，分佈漸廣，久而久之，不特能適應各種不同之環境，且能抵抗不良之遭遇，於是實施防除工作時，更感棘手者二也；近來植物品種改良之技能日新月異，惜吾人所需要之優種，亦往往易遭害虫之侵襲三也。由此觀之，害虫實為農業發達過程中之最大障阻，然吾人為保護植物之質量計，害虫之防除方法，尚須悉心研究，毋稍忽視。夫防除方法，由廣義言之，凡可以阻止害蟲之繁殖及蔓延者均屬之。其原理大別為禁除（Exclusion）、毀滅（Eradication）、保護（Protection）及免害（Immunization）四端。植物抗蟲育種，即利用植物之免害性，選擇抗蟲能力最強之品種，以直接防禦害蟲耳。蓋吾人細察各種植物，對於某種害蟲，完全免疫者有之；極能抵抗者有之；最易被害者亦有之。倘能選優去劣，育成抗蟲品種，使自動抗禦害蟲，殆為害蟲防除法中之最有效而最經濟者也。

植物抗蟲育種，在我國尚乏研究，彼歐美各國，實已早經注意，并有相當之成績矣。且研究者均為植物育種家與昆蟲學家，研究之問題已獲得良好之成績。降至晚近，研究此問題者，興趣益濃，成績愈著，將來成功，殊未可限量也。

### 第一節 影響植物抵抗害蟲之昆蟲習性

#### 一 昆蟲之寄主選擇（Host Selection）

昆蟲之能否維持生活，全視生長期內有無適當之食料為斷。如幼蟲孵化後，附近食料，異常充足，其發育為成蟲之機會較大。反之，孵化

以後，必須冒險覓食或竟無食物可得者，則死亡率必高。故產卵於食料豐富之寄主上，實為雌蟲所必盡之天職。昆蟲對於某種植物為害愈久，則嗜好愈深，即選擇某作物為產卵之寄主，亦愈肯定。此種習性，霍佈金氏（Hopkins）稱之曰“寄主選擇”。氏謂“凡在一二寄主上繁殖之昆蟲，其後代因欲適應生存，亦專好此等寄主。”伊於一九一〇年時，根據此學說曾建議處置山甲蟲（Mountain Pine Beetle）而保全黃松林。

卡來赫氏（Craighead）曾以天牛（Cerambycid Beetles）為材料，研究霍氏之寄主選擇學說，經數年之久，其結果可摘述如下：

（1）凡成蟲嗜好之寄主，皆為幼蟲所賴以生長者。

（2）各種害蟲嗜好原寄主之程度不同：有因選擇寄主之範圍甚狹，僅能生存於一二種寄主上者；有能強其為害新寄主者；亦有選擇之範圍甚廣，能為害任何植物，但對於其中少數寄主，有特別之嗜好。

（3）成蟲被強迫在新寄主上產卵後，孵化之幼蟲，死亡率甚高。設在原寄主上初孵化之幼蟲，立刻遷移於新寄主上，則死亡更多，甚至有全體死亡者。但遷移已成熟之幼蟲於新寄主時，常能發育變為成蟲。

（4）生存於新寄主之某種昆蟲，如幼蟲飼育數月或一年之久，則其成蟲亦能改變食性，反而嗜好新寄主。

（5）寄主生長狀況與昆蟲之選擇寄主，有莫大之影響，如原寄主生長不良，則率捨棄而選新寄主。當雌蟲產卵時，寄主數量之多寡，亦能影響昆蟲之選擇。倘成蟲甚多，而寄主過少時，勢必強其另擇新寄主以產卵，但其後代數量減少，或變為孱弱，久而久之，能發生新生理品種（Physiologic Races）。

按卡來赫氏之研究結果，不特證實霍氏之寄主選擇原則，并謂昆蟲因強迫為害寄主，改變食性之後，漸成新生理品種。此種學說，果能普遍應用，則對於昆蟲品種之原始與演進，為極有價值之發明矣。

寄主選擇之原則，揆諸各種情形，雖未見完全合理，但經昆蟲學家之證明，確為事實。是以吾人應用此原則，選擇昆蟲所不嗜好之寄主而

育成抵抗害蟲之植物品種，極爲可能之事。縱使昆蟲被迫而爲害此新寄主，則至少於最初數年中，其幼蟲之死亡率必高，植物之被害可減。其不死亡而能適應新寄主者，因食物不同，生理互異，迨至世代既久，竟變爲不同生物小種（*Physiologic Races*），亦爲理想中所難免之事實。

## 二 昆蟲之食性（*Food Habits of Insects*）

華爾德（*Wardle*）氏與伊民（*Imms*）氏根據昆蟲寄主選擇之範圍，分其食性爲下列四種：

（1）濫食性（*Polyphagy*） 此種昆蟲爲害寄主之範圍極廣，不論任何植物，皆有被害之可能。如蝗蟲爲害禾本科；介殼蟲爲害果樹。

（2）多食性（*Oligophagy*） 此類昆蟲爲害多種分類學上血緣較遠之寄主，但非濫食者也。如粉蝶爲害十字花科；麥蠅爲害禾本科。

（3）季候的多食性（*Seasonal Oligophagy*） 此類昆蟲在一年中之某一季候內，生存於數種不同之寄主上；其餘時期，專爲害少數所嗜好之寄主而已，如多種蚜蟲。

（4）專食性（*Monophagy*） 此類昆蟲賦有特殊之嗜好性，專生存於一二寄主之上，如蘋果介殼蟲專害蘋果。

以生存之能力言之，則濫食性之昆蟲較強，因其能有害任何植物，決無饑餓之虞。若就爲害之情形言之，則以多食性之昆蟲爲害最甚，蓋此類昆蟲往往麇集於最嗜好之寄主上，竟有侵害殆盡者。由抗蟲育種立場言之，則抵抗專食性之昆蟲較爲容易，因此類昆蟲賦有特殊之嗜好性，如選擇一不嗜好之植物栽培之，則昆蟲一時不能適應，勢必增加死亡率或減少爲害之程度，故從事抗蟲育種者，不可不注意昆蟲之食性，而尤須於專食性之昆蟲研究着手，較有希望。伊民氏（*Imms*）謂昆蟲食性之演進，以濫食性爲最初；多食性次之；專食性爲最後。換言之，昆蟲之食性，往往由濫食而變爲專食。果如此，則昆蟲之食性，將愈趨愈專，抗蟲育種之成功亦愈有把握矣。

### 三 昆蟲之生理小種 (Physiologic Races of Insects)

生理小種者，即同種昆蟲其形態相似而生理互異者是也。其產生之原因，據一般推測，不外兩端：由多食性之昆蟲，改變食性，逐漸專好某種寄主，發生生理變異一也；由原寄主逐漸演進，變為多數植物品種，其害蟲食性亦隨之而異，且專好某植物品種為其寄主者二也。這生理小種既分之後，則甲系昆蟲常專好甲種寄主；乙系昆蟲常專好乙種寄主，甚至甲乙兩系，不能互相雜交，其生理遺傳之差異甚大。由植物抵抗害蟲之立場觀之，昆蟲生理小種產生之後，其嗜好某種植物必亦愈專。如此則利用某種不嗜好之植物，以抵抗害蟲，亦頗有希望。但由另一方面觀之，生理小種由機遇而產生。由嗜好之舊寄主上，被迫而遷移於新寄主，即能發生一種新生理小種，於是抵抗植物選出之後，昆蟲亦能改變其食性以適應之，故欲求一種植物以抗昆蟲之各種生理小種，誠有憂乎其難之感。

關於昆蟲之生理小種，研究者頗不乏人，茲舉其重要者，概述如下，以供探討。

柯爾氏 (Call) 氏及潘特氏 (Painter) 研究麥蠅 (*Hessian Fly Phytophaga destructor* Say) 之生理小種，曾報告甘肅斯州 (Kansas) 中部及西部之硬小麥區域內之小麥品種“Kanred”，不能抵抗該處麥蠅；“Illini Chief No. 223415”小麥，被害甚輕，竟能完全免蟲。但栽培兩種小麥於甘肅斯州之東南部，均不能抵抗該處之麥蠅矣。惟另一小麥品種，名為“Kawval”者，在此兩區內試驗，均有極強之抵抗能力。此種結果，表示小麥品種，因各地麥蠅之生理品系不同，故小麥之抵抗能力亦異。從事優種推廣工作者，不可不深加注意也。

華爾德氏 (Wardle) 討論多食性昆蟲，因適應新寄主引起生理小種。氏曾以北美之果蠅 (*Rhagoletis pomonella*) 為例證，謂該蟲之原始寄主確為海棠果 (*Crataegus*)，但以逐漸改變食性，適應環境，遂成為蘋果最嚴重之害蟲。Rhagoletis 屬之“蘋果果蠅”與現在海棠果上之果蠅已成



爲不同之生物小種，( Biological Form ) 前者形狀稍大。此兩種果蠹之生物小種其食性亦完全不同，生於蘋果上者不能遷徙於海棠果上。反之，生長於海棠果上者，如遷徙於蘋果上，亦必餓死。氏又謂果蛾 ( Cololing Moth, *Carpocapsa pomonella* Linne ) 之生理小種，自英國胡桃輸入美國之後，曾發現於加里福尼亞州等處。

麥卡爾氏 ( Marchal ) 研究葡萄根蚜蟲時，曾謂生理小種之產生，並非植物性質之變異，實由昆蟲本身受環境之影響所致。例如美國葡萄樹上之蚜蟲，因原寄主缺乏，能以孤雌生殖，在歐洲葡萄上繁殖數代之後，遂致不能恢復其美國葡萄上所原有之生活史。成爲另一生理小種，故選擇葡萄之砧木者，對其害蟲之生理小種不可忽視。

曹樸氏 ( Thorpe ) 謂真正以昆蟲生理小種，可按食性之不同分類，氏謂在不同地點之生理小種，其生理習性差異甚著。但其形態構造則毫無區別，其產生之原因，與地理環境隔離，亦有密切關係。

## 第二節 植物對於害蟲之抵抗力 ( Host Resistance )

吾人常見某種植物被昆蟲侵害時，其品種間被害程度，輕重不一，此即寄主抵抗力之表現也。茂福氏 ( Mumford ) 稱寄主之抵抗力爲植物對於害蟲之“掙扎力”或“奮鬥力”，賈卜曼氏 ( Chapman ) 稱之曰“生物之潛能” ( Biotic Potential ) 。

致寄主之抵抗力，就發生之原因言之，可分爲遺傳與不遺傳兩類：所謂遺傳的抵抗力 ( Inherent Resistance )，即抵抗力之由於遺傳因子，或本身之遺傳性狀所發生，并能遺傳於後代者也；不能遺傳的抵抗力 ( Induced Resistance )，即抵抗力之由於環境因素 ( 如土壤、肥料、氣候等 ) 所發生。其效力僅於一代，此種抵抗力，可以設法控制或轉移之。此外尚有因多數因素之相互作用者，則研究時更爲複雜。

植物之抵抗害蟲，亦如其他數量遺傳性狀之分若干等級，故吾人就

其抵抗性之程度 (Degree of Resistance) 言之，可別爲免害、抗害、耐害及避害四種：

完全免害者，即絕對抗虫之謂也。此種情形在植物界極爲罕見。抵抗性者即植物雖被昆蟲侵害，但受害程度甚輕。至於耐害與避害兩類，非真正之抵抗性。一則因受害不重，能恢復原狀；一則因機會關係，偶然逃避耳。

近來研究抗蟲育種者，皆認爲利用植物播種期之或遲或早，以避免蟲害嚴重時期，頗爲得計。但此種工作，必須由作物育種家與昆蟲學家相互研究。昆蟲學家當注意害蟲在各地之生活史，及其爲害最烈之時期。育種家當研究某種品種之播種期，可以提早或延遲至若何程度，方爲有效。作者曾與鄒鍾琳先生討論水稻避免螟害之問題，亦認爲在某一區域內能將二化螟、三化螟之生活史及水稻栽培史畫成真確之圖表，然後可從二者之關係中，找出避害的原則。

### 第三節 植物抗蟲之原因 (Causes of Host Resistance)

植物品種間抵抗蟲害之能力，強弱不一，例證甚多，無可諱言。但抵抗蟲害之原因何在，爲吾人所急需研究。蓋原因明瞭後，可以根據特性，選擇植物之抗蟲品種。又可設法助長此抗蟲原因，使更能增加效力。目前研究植物抗蟲之原因者，雖未盡明瞭，然證據確鑿者亦復不少。茲列表摘述如下，以供參考：

#### 一 形態性狀 (Morphological Characters)

凡植物之形態或構造與抵抗害蟲有關者，均屬之。

##### A. 毛 (Hairiness)

Worrall, L. 氏謂美國高原棉因莖葉上有毛而能抵抗棉浮蟻子；海島棉及埃及棉之稈葉上無毛，則受害甚重。Hollowell, E.A. 及 Johnson, H.W. 兩氏 (1934) 研究大豆，發現稈葉上毛密者，抵抗力較強。Parker, J.H. 及 Worall, L. 兩氏 (1925) 研究“Cambodia”

棉能抵抗棉浮塵子，因其稈、葉、苞各部皆密生毛茸。

#### B. 苞殼之緊度 (Tightness & Hardiness of Husk)

Phyllips, W. J. 及 Barbar, G. W. 二氏 (1931) 謂凡穗上之苞殼甚緊，長度超過穗軸 (Comb) 五吋者，能防止玉米鑽穗蟲。

#### C. 表皮層之厚度 (Thickness of Epidermis)

Mumford, E. P. 氏 (1930) 研究甜菜，其表皮層厚者，表示對甜菜淨塵子有抵抗能力。又 Painter, R. H. 氏 (1928) 認為高粱 "Dwarf Yellow Milo" 種因葉面表皮薄，故易遭黑椿象侵害，其他品種葉面厚，則有抵抗性。

#### D. 保護組織 (Protective Tissue)

Cook, O. F. 氏 (1904—12) 研究棉花 "Ketchi" 之芽及鈴，生有特種組織曰 "Protifiration"，因缺乏食料為 Weevi 幼蟲所不喜為害者，故能抵抗蟲害。Wilson, J. 氏 (1905) 發現南美洲若干棉花品種，被象鼻蟲之幼蟲侵害後，反能刺激內部組織之發達，因而殺死幼蟲。又 Wardle, R. A. 及 R. Simpson, 兩氏 (1927) 謂棉花葉背有厚皮組織，能防禦洋蔥薊馬刺吸。

#### E. 顏色 (Color)

Isely, D. 氏 (1928) 發現棉象鼻蟲喜為害綠葉棉花，而不喜為害褐紅色之葉。Maclacod, G. F. 氏 (1933) 亦發現芹菜葉綠色者對小椿象有抵抗性；而黃色者則極易受害。

## 二 化學性狀 (Chemical Characters)

如酸性、鹼性、油分、單寧及磷酸鉀之比率、蜜腺、需要食料之有無等，對於植物之抵抗性有密切關係。

#### A. 酸度 (Acidity)

Comes, H. 氏 (1916) 研究多種植物，其酸性强者對害蟲之抵抗力亦強。如柑橘對粉介殼蟲，無花果對介殼蟲及葡萄對根蚜蟲。又據 Blat 及 Morgan 兩氏研究酸蘋果種對蚜蟲亦復如是。

**B. 蜜腺(The Presence of Nectar & Honey Dew)**

McColloch, J.w. 氏 (1921) 謂高粱與玉蜀黍之穗部常分泌蜜腺誘致蚜蟲，故蜜腺多者受害較重。Fletcher, R.K. 氏 (1929) 亦發現棉花蜜腺多者容易誘致蛾類之探訪與產卵。

**C. 香味 (Odor)**

Power 氏 (1926) 等發現棉花品種具強烈之香氣者最易誘致棉象鼻蟲。

**D. 揮發油 (Presence of Essential Oil) 與抵抗性之關係**

萬雪夫 (Verschaffelt) 氏觀察甘藍蝶 (Cabbage Butterflies) 常探訪多種十字花科植物，由試驗結果，偵知其幼蟲會食害該科之十五種菜類 (此十五種菜類，包括該科之十四屬)。經化學家分析之後，證明此等菜類，皆含有芥子油 (Mustard Oil)，於是萬氏設計試驗，證明幼蟲之為害，確係尋覓各種芥子油為其食物。

**E. 單寧 (Presence of Tannin) 與抵抗性之關係**

潘特氏 (Painter) 深信高粱之外層葉鞘含有單寧質，內層則含有鈣質及纖維。單寧質因對於抵抗病害有所助力，於是潘特氏則為高粱品種之葉鞘外層較厚者，如 “Kansas Orange Sorgo”，實為抵抗黑椿象 (Chinch Bug) 最重要之原因。

**F. 磷酸鉀比例與抵抗性之關係**

安特多氏 (Andrews) 在印度 Pusa 報告茶樹品種對跌害 (Tea Mosquito, *Hilopeltis thievera*) 能完全免疫者，含有較高之鉀質與磷酸 (Phosphoric Acid) 之比例故也。在普通情形之下，鉀與磷酸之比例為 2:1；能抵抗蟲害之品種，其含有鉀質與磷酸之比例為 4:1。但以直接注射法增加鉀質，則尚未見效云。

**G. 細胞液內之滋味 (Taste of Cell Sap) 與抵抗性之關係**

格納脫 (Garnert) 氏報告玉蜀黍與 Teosinte 雜交 (Teosinte × Yellow Dent Corn) 之第一代雜交種 (F<sub>1</sub>) 亦如 “Teosinte” 之能抵抗

蚜虫 (Aphids)，因其細胞液汁具有苦味故也。

### 三 生理性狀 (Physiological Characters)。

#### A. 成熟之期早 (Earliness) 與抵抗性之關係

那威得 (Neiswander) 氏研究三種玉蜀黍品種被鑽心虫 (Corn Borer) 爲害時損傷之產量，與播種至抽穗間之生季長短有直接關係。

華福 (Wolfer) 氏謂小麥被椿象 (Bug) 爲害之輕重，與成熟期頗有關係。

#### B. 生長期 (Stage of Growth) 與抵抗性之關係

Rituspotapova, T. M. 氏 (1928) 謂蘋果夏季種因開花早能避免象鼻蟲幼蟲之爲害，因蟲害最烈時，花已凋謝故也。又 Cunliffe, N.、Frger 及 Gibson 三氏 (1925) 謂燕麥蠅爲害最烈時，燕麥尚小則損害甚重。

#### C. 生長之速率 (Rate of Growth)

馬耶 (Myer) 氏研究燕麥蠅 (Frit Fly) 爲害燕麥時，曾發現燕麥品種之生長甚速者最有抵抗能力。

#### D. 生長健全與抵抗性之關係

Flinn, N. P. 氏謂玉蜀黍生長健全者，可抵抗黑椿象 (Chinch Bug)。  
Cutright, C. R. 氏 (1928) 謂蘋果修剪適當、保護周至、施肥較多而能促其生長健全者，能抵抗鑽孔蟲 (Short Hole Borer)，惟反易招致介殼蟲之爲害。而 Maza, P. 氏謂任何植物對蟲害之免害性完全由於生理的健全性。

#### E. 滲透的濃度 (Osmotic Concentration) 與抵抗性之關係。

卡脫 (Carter) 氏報告甜蘿葡之糖份濃度極高時，雖有害蟲所嗜好之其他食料，亦可避免浮塵子 (Euterix Tenellus Baker) 之爲害。

### 四 環境因素 (Environmental Factor)

環境因素如土壤、肥料、氣候等能影響植物之生長者，往往能控制寄主對於蟲害之抵抗能力。茲將研究結果，舉例說明如下：

Mumford, E. P. 謂增加硫酸銨肥料，能增加甘藍對甘藍飛蛾 (Cabbage Fly) 之抵抗力。Monzer, K. 氏 (1962) 謂增加酸性肥料，可使蘋果抵抗蘋果蠹。Mumford, E. P. (1930) 氏謂減少灌水量則增加甘藍被吹沫蟲為害之程度。Plotnikov, V. (1929) 氏謂氣溫較低時，棉花愈不能抵抗蓟馬 (Thrips)。McColloch, J. W. (1923) 氏謂小麥生長於沙質土壤者，抗麥蠹之能力較強。

### 五 遺傳因子

植物抗蟲能力為遺傳因子所控制，例證亦不少，可參閱本章以雜交育種法育成抗蟲品種之實例。

總之，關於植物抵抗害蟲之原因，大致可別置上列各類，尙有多數研究者對於其所研究之植物抗蟲原因，未能確定者甚多，茲不贅述。

## 第四節 植物抗蟲力之測驗法

一般人對於植物抵抗害蟲，常發生一疑問，即由作物育種家與昆蟲學家之通力合作，果能獲得一抗蟲之植物品種，同時農民亦放棄舊種，而採用此新品種，試問害虫缺乏食物時，果能不為害此抗蟲品種乎？吾人對此問題，殊難作肯定之答覆。但有三種必然之趨勢，可以斷言：昆蟲因缺乏所嗜好之寄主必至餓死一也；昆蟲因缺乏舊寄主被迫而強食抵抗品種，死亡率必高二也；昆蟲能改變食性或發生新生理小種，以逐漸適應此抗蟲品種三也。在一二兩種趨勢，抗蟲品種之效力，尙可維持稍久。如在第三種情形之下，抗蟲品種即失其效力，勢非另有新品種以代替不可。是故吾人於抗蟲育種時，欲預測害虫將來對於抗蟲品種所發生之結果，非有精密之試驗不可。茲述其方法如次，以資研討：

### 一 人工致害

人工致害 (Artificial Infestation) 者，係用人為力量強使昆蟲為害某植物之謂也。其原理與植物抗病試驗時之人工授病法 (Inoculation) 相同

。實施方法因植物及害蟲之種類不同，殊無一定標準。其要點則栽培供試驗之種物品種於短行或花鉢內，罩以網籠，置害蟲於籠內之植株上，強其爲害，防其逃逸。蓋由人工致害法之結果，吾人深信各品種之處理相同，則品種間被害程度之輕重不難測知矣。茲舉實例數則，以示人工致害法之大概：

史密斯(Smith)氏用陸地棉及海島棉爲試驗材料，研究墨西哥棉鈴象鼻蟲(Mexican Cotton Boll Weevil)之爲害習性。曾建議一田間試驗方法，用細鐵絲網製成大籠，體積 $3 \times 3 \times 4$ 英尺，罩住棉花之植株。供試驗之棉花植株，於罩籠之前檢查其有無害蟲存在，每籠栽棉花一株，內放雌雄成蟲各一枚。日後記載籠中棉鈴上之卵孔，被害之鈴，皆懸有紙牌，記明害蟲之數目及鑽孔之時期。迨試驗完畢後，籠及棉鈴蟲，另移至其他未經致害之棉株上，一切步驟與前相同。此後逐日觀察懸有紙牌之棉鈴，並記載其落鈴之時期，落下之鈴，立即置於田間解卵所。其結果則海島棉鈴之被害較陸地棉鈴爲數更多。此因陸地棉生長迅速，棉鈴較小，被侵害之機會少；而海島棉之棉鈴則比較滿濶，予鈴蟲以生長之極好機會。此種結果，非有人工致害，不能精確。

潘特(Painter)、沙原蒙(Salmon)及派克(Parker)三氏曾以人工致害法研究抵抗麥蠅(Hessian Fly)之小麥品種。在田間試驗者，特設蟲害區，堆積被害根株於行間，使害蟲集中爲害；在溫室試驗者，則播種小麥於四英尺直徑之花盆內，迨麥苗開始分蘖，罩以圓錐形之網籠，放雌雄麥蠅於其內，任其產卵，然後記載卵數及害蟲爲害情形，以定品種間抵抗能力之強弱，另一試驗則栽培兩種以上之小麥於同一盆內，以研究麥蠅之選擇寄主，以此法試驗已獲得圓滿結果。

作者於民國二十一年在金陵大學農藝系舉行水稻抗螟試驗時，曾用人工致害法，將水稻種於寬長各一尺、高二尺之鉢內。每鉢栽秧三枚，每品種重複九次共計十鉢，移栽期在五月中旬，出穗期在七月下旬。於七月上旬在普通田中採取螟蟲卵塊，置玻璃管中培養，七月中旬幼蟲解

化，乃以毛筆拂於稻葉筋上，每盆十枚。然後記載每品種各次重複之分蘖數及被害葉數或白穗數。人工致害所用之卵塊，須同時採集，幼蟲須同時孵化，以求處理之一致。供試驗之品種，其生長期及成熟期須相差不遠，如同為早稻、同為中稻或同為晚稻是也。凡舉行人工致害之植株，在自然環境下所產之卵塊或幼蟲，應設法防除。人工致害時幼蟲之數目愈多愈好，但各株上之蟲數應相等。如幼蟲缺乏，則寧減少試驗材料。置幼蟲於稻葉上，可在任何時間進行之。如在下午四時以後更好，因此時陽光不烈，幼蟲容易活動，如遇天雨多風，應設法避免之。

由上列數例觀之，人工致害實為抗蟲育種時所必需之步驟。若試驗時品種之被害與否全憑自然，則因試驗地內，昆蟲之分佈不勻，品種間被害程度遂發生差異。分佈密者被害重，稀者被害輕，雖有標準品種，以資校對，亦斷難糾正處理之錯誤。雖然，當初步試驗或品種繁多時，欲一一人工致害，為事實所不許者，則不得全憑自然被害之機會。但在精密試驗或品種較少時，則必須人工致害，方有真確之結果，不可不注意焉。

## 二 被害程度之測定

植物被害程度之測定，研究者各有成見，倘無一定標準可供採用。但此種測定方法，實為解釋植物品種間抗蟲能力之強弱時，所最重要而最值得討論之問題。蓋測定不確，則結果決不可靠，故郝司洛氏 (Hyslop) 謂吾人測定被害程度時，必須用適當之材料，與精確之統計方法，使日後試驗之或差常小於此次所得之結果，切不可沿用昆蟲學家之舊法，僅憑其個人之經驗，在田中估計植物被害之百分數或其蟲害之相對數值。蓋此種測定，殊無科學之價值。馬來特 (Marlatt) 高沙德 (Gossard) 及華爾德 (Wardle) 諸氏以為測定植物被害程度時，最主要者為採取樣品之方法如採取適當之樣品，可以代表全體，則結果庶為可靠。華爾德氏 (Wardle) 復提議測定被害程度之原則如次：

1. 當測定被害程度時，其所選定之昆蟲生活史，務須固定不動者。



例如蛾類之卵塊、地下昆蟲之幼蟲、蝗蟲之跳蝻、介壳蟲之雌蟲、麥蚜之蛹及其他鱗翅目與繭尾目之幼蟲等是也。

2. 選擇被害面積時，應注意所定害蟲之時期，是否均勻分佈於該面積內之各樣本上（樣本指被害之株數、葉數、區數等），於可能範圍內，當選擇被害程度（即害蟲分佈之程度）之最均勻者。

3. 為校正差誤起見，須隨機取樣，數量宜多，則所得之平均數真確。

4. 某一試驗當分數期取樣。如一年中有數期害蟲發生時，則每代害蟲，至少須檢查一次，所選樣本如組數及次數愈多，所得結果愈有價值。

5. 被害程度之測定法，概分兩類：一為實地估計害蟲之數量；一為估計寄主之外表或寄主被害之傷痕。害蟲之數量，因種類及為害情形不同，表示方法亦有差異。例如以面積為單位者，用測面器測量每平方生的葉突或平方米葉之昆蟲數目；以容積為單位者，量每升或每斗中之害蟲數目；以寄主為單位者，計每株上之害蟲數目；以時間為單位者，則在某時間內觀察寄主被害之百分率，或在某時間內收集害蟲之數目。

赫貝氏（Huber）以為取樣不審慎，實為試驗差誤之主要原因。欲求準確之樣品，最好有若干重複，并於檢查時覆查一次及估計取樣之概誤。否則取樣之數目減少，則概誤隨之增加，不可不注意也。

一九二四年美國經濟昆蟲學會開會時，曾討論昆蟲統計事宜，與會者有昆蟲學家 C. L. Marlatt, H. A. Gossoard, W. E. Hinds, H. H. Larimer, J. A. Hyslop, E. P. Felt, R. L. Webster, W. P. Flint, L. O. Howard 及其他諸氏。將討論結果編成刊物，關於植物被害情形之統計法，則有下列數點，可供參攷：

1. 試驗地內之各種情形，如地形、歷史（即前作物等）、耕作制度、排水及肥力等因素，凡與試驗結果有密切關係者，均需詳細調查并記載之。

2. 選擇取樣之單位及面積時，必須注意下列各要點：

- a. 某區域內，單位面積之分佈情形，務使獲得適當之代表。
- b. 季候、氣候、隱匿處、土壤及其他環境情形，能使昆蟲發生複雜之生態者，必須明瞭。
- c. 關於昆蟲各時期之自然習慣，必須詳細研究。
- d. 決定何種取樣方式，以便定奪該單位之面積。

3. 單位面積內，昆蟲各時期之數目，亦須估計。單位面積內所觀察之數目及時期，全視害虫種類而定。至估計數量之方法，或實地計數或計算百分數均可。（所謂百分數，係憑研究者之經驗而估計，此點不能適用）。

4. 觀察結果，須列成表格，再加整理，以便作最後之比較。

在抗蟲育種時，按照上列方針，採取樣品以測定植物被害之程度，頗為適當。其次吾人所應討論者，即測定被害程度時，所應用之統計方法。晚近生物統計方法進步甚速，欲求真確之結果，較有希望。

何塞氏（Houser）謂“研究植物抗蟲育種者，於測定被害程度時，當充分應用生物測定學。俾分析結果時，較有科學之根據。”凡小規模之試驗，如盆栽試驗、溫室試驗，對於被害情形均能表示顯著之差異，不必有詳細之計算。至田間大規模之試驗，機誤較大，必須根據統計分析，以解釋試驗之結果，方為可靠。否則，觀察不確，必使結果曖昧，不易解釋。此種至理明言，為吾人所不可忽視也。

測定蟲害之實例甚多，不勝枚舉，茲略述數則，以宗研究者對於試驗材料取樣及計算法之大概：

包羅庭氏（Borodin）曾提議麥類為害之測定法，步驟如下：

第一步：將生長於同一環境內之小麥，受害者與未受害者，互相比較，求得產量之差異，然後將此差數化為百分數（即以未受害者產量為一百）稱曰“被害係數”（Coefficient of Injury）以（C）表示之。

第二步：求得被害品種之植株或莖數百分數，稱曰被害百分數

(Percentage of Injury)，其法任意在田間各處之一平方米突面積內，取20株為一樣本(Sample)，共計取200樣本平均之。

第三步：某作物在田間因蟲害所減少之產量百分率或損失百分率，由公式 $\frac{CP}{100}$ 求得之，此處C代表被害係數，P代表被害之百分率。

台佛氏(Davis)測定果樹上介壳蟲(San Jose' Scale)之為害程度時，計算每株上介壳蟲之個數，將被害程度分為：甚輕、輕、中等、重及極重五等級。

亨得氏(Hunter)曾以全年中被害棉鈴之百分數(% of Infested Boll or Squares)表示棉鈴象鼻蟲(Boll Weevil)為害之輕重。

攀脫(Painter)、沙門(Salmon)及派克(Parker)三氏提議三種方法估計麥蠅為害小麥之程度：

- a. 計算小麥被害植株之百分數。
- b. 計算小麥被害莖數(或莖數)之百分數。
- c. 計算某一定株數上所有麥蠅(蛹)之平均數。

作者統計水稻之螟害及小麥之麥稈蠅為害程度時，曾由每行中隨意選出100植株，仔細考察其被害徵象(如白穗、鑽孔、蟲糞等)求得被害之百分數，并在被害之總百分數內，分別計算白穗及非白穗之百分數。

賴力母氏(Larrimer)應用統計方法，研究麥蠅為害之程度，先在每試驗區內任意取小麥之樣品五叢，每叢約有二十莖，故每一樣品包括100莖，各區樣品取得後，在實驗室內作詳細之觀察，並記載下列各項：

1. 播種之次數及日期。
2. 被檢查之莖數及株數。
3. 受害之莖數及株數。
4. 每被害莖上所有麥蠅(蛹或幼蟲)之總數、最多數及平均

數。

5. 每一數字必附以或差數目。

上列各種方法，各有優點，尤以 Larrimer 氏之統計法，每一數字附以或差數 (Probable Error) 者為最妥善。

### 第五節 植物抗蟲育種之成功

植物抗蟲育種之目的有二：根據遺傳原理，運用育種技術，選出自然界已有之抗蟲品種，使自動抵禦蟲害一也；由雜交方法連合抗蟲品種之抵抗性及其他優良性狀，如產量高、品質佳、適應力強二也。其方法與其他育種法大致相同，所應特別注意者，即植物品種間之抗蟲能力之詳細記載，與試驗區內以人工加入蟲害，使供試驗之品種，皆有遭遇害蟲之機會是也。茲述其程序如下：

#### 一 品種比較試驗 (Variety Testing)

收集當地農民所慣種之品種，與外來之改良品種，互相比較。以一般言之，則當地品種之抵抗能力往往較強，因當地品種栽培已久，所以為農民所採用者，必有其特長之處。然亦有反是者，即當地品種因當地昆蟲發生特殊之生理小種之後，易遭蟲害者有之。故輸入地處所育成之抗蟲品種加入比較試驗，殊有價值，但此項試驗，至少須繼續四五年之久，方可判別某品種之優劣。

#### 二 系統選種法 (Pedigree Selection)

純系選種法為分離純系之捷徑，其法當作物成熟前，在各處農田（特別注意蟲害嚴重之農田）內選擇生長佳良且無蟲害之單穗或單株，記明來源，然後將每穗或每株之種子，分別脫粒，分行播種，稱曰穗行試驗或株行試驗。在此等試驗內再選擇無蟲害之各行，而淘汰其有蟲害者。待純系分離後，孰優孰劣，尚須繼以比較試驗，方可確定。系統選種時，亦須人工致害，並多置標準區。

茲將前人以品種比較試驗及純系選種法育成抗蟲品種之實例略舉如

下：

棉花品種“Cambodia”能抵抗棉花浮塵子（Jassid），為Parnell, F. R. (1923)氏以純系選種法所育成。Harland, S. C.氏由“Seredo”棉種中選出兩個純系能抗黑介殼蟲（Black Scale）。沈宗瀚與作者（1929—33）在南京金大農場研究水稻抵抗螟蟲，發現“1—3—86”及“寧波種”兩個純系有抵抗能力，此二品種莖稈強健，成熟較遲。Box, H. E. (1927—28)氏育成甘蔗品種“Tuckman”能抗甘蔗鑽心蟲（Cane Borer）。Flint, W. D. (1921)氏曾報告玉蜀黍品種比較試驗內有“White Democrat”及“Black Hank”兩品種能抵抗黑椿象（Chinch Bug）且產量超過普通品種三倍以上。氏又謂“Champion White Pearl”亦有抗蟲能力。Parker, J. H. (1930)謂高粱品種比較試驗內，各品種對於黑椿象（Chinch Bug）之抵抗力可分兩類：（1）罹害者為“Milos”（2）能抵抗者為“Feterita”“Kafir”“Rorgos”等品種。Spinks, G. T.氏(1927)分草莓品種為兩類：一為抵抗蚜蟲者如“Aberdeen Standard”及“Sturton Cross”等品種；一為不抗蚜蟲者，如“Sterling Custic”等品種。Jegon, G. (1924)氏以人工致害法，發現蘋果品種“Cox's Orange”“Blucheim Orange”及Landsbery Reimette等對綿蚜蟲為完全免疫。

按上述品種比較試驗及純系選種之結果，吾人深信抵抗蟲害之品系，可以由此分離。但抗蟲品種往往品質不佳或產量不高，仍不能適合吾人之需要，故選種之後，必須繼以雜交法及嫁接法（指果樹）以連合各種優良性狀。

### 三 雜交育種法（Hybridization）

雜交育種時應注意親本之選擇，必須一方面具有抗蟲能力，另一方面具有其他優良性狀（如產量高、品質佳、適應力強），以期雜交之後，產生一完善之新品種。茲將以雜交育種法育成抗蟲品種之實例略舉如下：

Painter, R. H. Jones, E. T. Johnson, C. O. 及 Parker J. H. 諸

氏(1940)以抗麥蠅(Hessian Fly)之春麥品種“Marquillo”與具有優良性狀但不抗麥蠅之冬麥品種雜交，已育成一冬麥性品系，既抗麥蠅而又具優良性狀，且能抵抗各種銹病。氏曾說明“Marquillo”之抗蟲性，得自硬粒小麥品種“Tumillo”，並謂抗病性為隱性且為多於單獨因子之作用。Call, L. E.(1924—27)氏研究高粱抵抗黑椿象(Chinch Bug)，以Milo(被害種)×Kafir、Herri×Milo、Kansas Orange×Milo，三種雜交之F<sub>1</sub>皆抵抗蟲害，因Milo為受害品種，而其他品種皆能抵抗故也。由此可知抗蟲因子似為顯性。Parker, J. H.氏(1931)亦認為高粱之抗蟲性狀確為遺傳因子所致無疑，但因子之結合如何，則尚未明白，或係多數因子之相互作用。Masston, A. R.氏(1933)研究玉蜀黍抵抗玉蜀黍鑽心蟲(European Corn Borer)以Mazi Amargo(抵抗種)×Michigan Varieties，證明抗蟲性能遺傳於後代，且為簡單之曼氏隱性性狀。Flint, W. P. Bigger, J. H.及R. Hobbart諸氏(1934)亦研究玉蜀黍之抵抗黑椿象(Chinch Bug)，發現若干自交系含有顯性的抗蟲因子。Rasmuson氏(1914)研究葡萄抵抗蚜蟲，舉行各種雜交，其結果可分三類如下：

- (1) 罹害品種×罹害品種→產生罹害品種
- (2) 抗蟲品種×抗蟲品種→產生一部分抗蟲、一部分不抗蟲，而以抗蟲者為顯性。
- (3) 抗蟲種與不抗蟲種雜交→產生顯性之抗蟲雜交種及隱性之不抗蟲雜種。

Lepelly, R.氏(1927)研究蘋果抵抗棉蚜蟲，以Northern Spy(抵抗種)×被害品種，表示抗蟲性狀之可以遺傳於後裔。

由上述各種雜交之結果，吾人可深信植物之抗蟲性狀確能遺傳於後代，且與其他優良性狀可以連合。

#### 四 嫁接法(Grafting)

凡營養繁殖之植物不能以種子繁殖者，欲移授抗蟲性時，必須應用嫁接法。此法普通應用於園藝作物，茲將嫁接法育成抗蟲品種之實例略

舉如下：

McColloch, J. W. 氏 (1924) 將英國 Jonathan Apple 之接穗接於加利弗尼亞洲之抗蟲砧木上，即不罹根蚜蟲之害。Fluke, C. L. 氏 (1930) 謂 Northern Spy 為抗根蚜蟲最著名之蘋果品種，但用作接穗接於不抗蟲之品種之砧木上，即不能維持其原有之抵抗力。Wardle, R. A. 氏 (1929) 以葡萄歐洲種 (被害種) 為接穗，接於美洲種 (抵抗種) 之砧木上，結果亦能抵抗蚜蟲。Husmann, G. C. 氏 (1930) 謂理想之葡萄嫁接法應以抗蟲品種為砧木，以品質佳產量豐之品種為接穗。Harland, S. C. 氏 (1910) 以棉花芽接法 (Budding) 舉行三種試驗如下：

- (1) 被害之砧木與具抵抗性之接穗嫁接，結果接穗仍能抵抗棉葉斑蟊蟲。
- (2) 抵抗性砧木與被害之接穗嫁接後接穗之抵抗力亦漸漸增加。

### 討 論 問 題

1. 何以抗蟲育種為防治作物蟲害之治本方法？
2. 試述昆蟲“寄主選擇”之原則。
3. 昆蟲之食性與植物抵抗害蟲有何關係？
4. 何謂“生理小種”？
5. 試討論抗蟲育種時所必須之技術。
6. 試述植物抵抗害蟲之原因。
7. 試列舉實例數則以證明抗蟲育種之成功。

### 植物抗蟲育種之重要參攷文獻

1. Alekude, N. (1937) Preliminary Data on The Study of Phylloxera and The Resistanace of Vines, Mitt Pfl. Sch. Abt. Volkskom Landw. S. S. R. Georg, No. 1: 107-130

2. Andrews, E. A. (1921) Some Notes on Attempts to Produce Immunity from Insect Attack on Tea. Report proc. 4th Entom. Meetings, Pusa, India pp. 56-59.
3. Anonymous (1931) Varietal Resistance and Tolerance, Ohio Agri. Expt. Sta. 94th Ann. Rpt. Bul. 470: 79-95
4. Bioletti, F. T. (1931) Phylloxera-resistant Stocks, Calif. Sta. Bull. 351: 81-139.
5. Brues, C. T. (1920) The Selection of Food Plants by Insects with Special References to Lepidopterous Larvae, Amer. Nat. 54: 313-332.
6. Cartwright, W. B. (1922) Host Plant Selection by Hessian Fly *Phytophaga destructor*, Say. Jour. Econ. Ent. 15: 360-363.
7. Collins, G. N. and J. H. Kempton (1917) Breeding Sweet Corn Resistant to The Earworm. Jour. Agr. Res. 11: 450-572.
8. Cook, O. F. (1912) Cotton Improvement under Weevil Conditions, U. S. D. A. Farmer's Bul. 501.
9. Craighead, F. C. (1910) Hopkins Host Selection Principle as Related to Certain Cerambycid Beetles. Jour. Agri. Res. 22: (3) 180-220.
10. Craighead, F. C. (1922) Host Selection Principle as Deadvanced by Walsli Canadian Ent. 55: 15-19.
11. Elston, L. W. (1912) The Resistance of Varieties of Fruits to Injurious Insects and Diseases, New York State Hort. Soc. Prod. 39th Ann. Session (1913): 189-191.
12. Felt, E. P. and S. W. Bromley, (1931) Developing Resistance or Tolerance to Insect Attack, Jour. Eco. 24: 437-443.
13. Flit, W. P. (1931) Chinch Bug Resistance Shown by Certain



- Varieties of Corn. Jour. Eco. Ent. 14: 83—85.
14. Fluke, C. L. (1930) The Influence of Resistance Apple Scion on The Susceptibility of Non-resistant Stocks with Relation to Woolly Aphid Attacks. Jour. Eco. Ent. 23(4): 741—743.
  15. Gilbertson, G. J. (1925) The Wheat Stem Maggot. South Dakota Agri. Expt. sta. Bul. 217: 28pp.
  16. Harland, S. C. (1920) The Inheritance of Immunity to Leaf Blister Mite (*Eriophyes gossypii*) in Cotton, West Indian Bul. 17: 162—168.
  17. Howitt, J. E. (1929) A Review of Our Knowledge Concerning Immunity and Resistance in Plants. Quebec. Soc. Protect Plants. 16th ann. Rept. 1923—1924: 9—24.
  18. Hyslop, J. A. (1924) Statistical Methods in Entomology, Jour. Eco. Ent. 19:2, 177—108.
  19. Macleod, G. F. (1933) Some Examples of Varietal Resistance of Plant Attacks, Jour. of Eco. Ent. 26- (1) pp. 62.
  20. Macleod, G. F. and F. B. Manghan (1925) Some Factors Involved in Measurements Results of Experimenters with Onion Thrips, Jour. Eco. Ent. 28:1 150—152.
  21. Marston, A. R. (1930) Breeding Corn for Resistance to The European Corn Borer. Jour. Amer. Soc. Agron. 20: 986—992.
  22. Mc Colloch, J. W. (1924) The Resistance of Plants to Insect Injury, Biennial report, Kansas State Hort. Soc. 37: 196—208.
  23. Mc Colloch, J. W. and S. C. Salmon (1923) The Resistance of Wheat to The Hessian Fly (a progress rpt.) Jour. Econ. Ent. 16(5)- 293—298.
  24. Paintes, R. H., E. T. Jones, C. O. Johnson, and J. H.

- Parker (1940) **Transference of Hessian Fly Resistance and Other Characteristics of Marquillo Spring Wheat to Winter Wheat.** Kansas Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 49.
25. Painter, R. H. (1928) **Notes on The Injury to Plant Cells by Chinch Bug Feeding,** Ann. of Entom. Soc. of Amer. 21: 232-242.
26. Painter, R. H. and S. C. Salmon, J. H. Parker (1931) **Resistance of Varieties of Winter Wheat to Hessian Fly.** Phytophaga destructor, Say, Tech. Bul. Kans. Agri. Expt. Sta. 27, 58pp.
27. Parker, J. H. and L. Worrall, (1925) **A Jassid-resistant Cotton,** Jour. Dept Agri. Union South Africa. 10 (6) 487-491.
28. Parker, J. H. and Painter, R. H. (1932) **Insect Resistance of Plants,** Proc. 6th Int. Cong. Genet. N. Y. Z. 151-152.
29. Salman, J. (1921) **A Variety of Apple Immune to Aphis,** Wiener Landw. 61; 26) Rev. Appl. Ent. (sec. A) 19: 442.
30. Thomas, F. E. and Durman, E. W. (1931) **Factors influencing Infestation in Cotton by Heliothis otseleta Fab.** Jour. Eco. Ent. 24(4) 815-821.
31. Wilson, J. (1935) **Weevil Resistant Cotton,** Rpt. Sec. Agri. for 1940. Yearbook in Dept, 1940 p. 35.
32. Worrall, L. (1925) **Jassid Resistant Cottons.** Jour. Dept. Agr. Union South Africa, 7; 225-228.

## 第十章 植物抗病育種

### 第一節 抗病育種之意義及重要

#### 一 作物抗病育種之重要

作物育種目標除增加產量、改良品質外，減少病害實為重要，設農事試驗場所育成之優良品種，產量固高，品質亦佳，但罹病甚重，則農家仍不能引用。我國改良小麥如N.2935在南京試驗結果，產量高而品質優，惜在北方推廣，既遭凍害又罹銹病；繁殖於長江流域，則赤霉病甚重，為農民所不歡迎，故改良作物品種時，產量品質與抗病力，當兼籌並顧，不可偏廢也。

我國每年食糧不足之原因，固有多端，但病害調查之結果，農作物產量因病害而損失者，實為重要原因之一。倘吾人能努力於病害防治工作，糧食不足問題，亦未始不可解決也。

病害之於作物，不僅足以減少產量，且使品質變劣。譬如山東所產烟草，患花葉病（Mosaic）後，產量固少，即製成之烟，亦吸而無味。廣東之甘蔗，亦因花葉病而糖質變劣。他如小麥患腥黑穗病（Stinking Smut）者，味即腥臭，皆足以證明作物因病害而品質變為惡劣矣。

#### 二 作物病害之原因

作物之病害既如是嚴重，故防治之工作，實刻不容緩。然吾人欲明病害之防治，應先考察病害之原因何在，始易措手。

作物病害之原因，可概分為兩類：一類曰非寄生性病害（Non-parasitic Diseases），其發生由於生理的原因，無傳染性；另一類則曰寄生性病害（Parasitic Diseases），乃由於生物之寄生，有傳染性；傳染性病害中，分動物寄生及植物寄生兩類，而為害最烈且最普遍者，厥為寄生植物中之真菌類，其次為細菌及病毒。與經濟有關之各種病害，泰半由此等

病原所致，故吾人研究病害之防治，應特別以此等寄生性病原為對象。

### 三 作物病害之防治法

作物病害之防治法在原則上可分為四種：一曰病疫檢驗 (Plant Quarantine & Inspection)；二曰田間衛生 (Field Sanitation)；三曰藥劑防治 (Fungicide Control)；四曰抵抗病害 (Disease Resistance)。但病疫檢驗手續麻煩，田間衛生則效僅一時，藥劑防治或得不償失，惟有抗病育種為最經濟而最基本之方法，蓋抗病品種育成之後，可使之自動禦病，穩定生產，又因植物抗病性之可以遺傳，故其效力可以垂之久遠。

### 四 植物之抗病性

植物之抗病性有下列數種：

- (1) 感病性……寄主因病原菌侵入之後，發生寄生現象，病發發生於寄主之上，此種行為病理學家謂之感病 (Susceptible)，名其性狀曰感病性 (Susceptibility)。
- (2) 抗病性……寄主因病原菌侵入之後，所發生之症狀極為輕微，對於寄主之生長發育，尙無重大影響。故吾人指寄主對病原菌而言，謂之抗病 (Resistant)，名其性狀曰抗病性 (Resistance)。
- (3) 免疫性……病原菌雖可侵入寄主，但寄主不現病狀，此種情形謂之免疫 (Immune)，名其性狀曰免疫性 (Immunity)。

就植物對病原菌之一般情形而言，絕對免疫者極為少見，抗病者較多，然其抵抗之程度，常因作物品種及病原菌種類而大異其趣，感病性亦然。

### 五 抗病育種成功之先例

#### 1. 大麥抵抗條紋病品種之育成

美國威斯康辛大學有一種大麥品種曰“Oder Brucker”產量甚高

，栽培甚廣，惜不能抵抗條紋病，後用雜交方法與一光芒而有抗病性之品種雜交，獲得一新品種，光芒、產量高、亦能抗病，推廣後挽回損失甚多。

#### 2. 亞麻抵抗萎縮病品種之育成

亞麻在美國春小麥區域為重要之油料作物，惟因萎縮病 (*Fusarium lini*) 之猖獗不能盛行栽培，自鮑萊 (Bolley) 氏於1901年在病害劇烈之田中，選擇罹病較輕或無病者，結果獲得抗病品種“Bison”，普遍推廣於栽培亞麻之區域。

#### 3. 小麥抗條銹病品種之育成

畢芬 (Biffen) 氏於1905年起開始小麥抗病育種工作，氏以俄國小麥與美國小麥雜交，獲得抵抗條銹病 (Stripe Rust) 之品種曰“Little Jose”，遂解決美國小麥銹病之嚴重問題。

#### 4. 西瓜抵抗萎縮病品種之育成

屋登 (Orton) 氏於1913年育成抵抗萎縮病 (*Fusarium nivium*) 之西瓜，氏以其有抵抗性而不堪食用之西瓜品種“Citron”與品質優良、罹病嚴重之西瓜舉行雜交，然後於分離後代中，選擇抗病而品質佳良之後代，育成良質抗病之品種。

#### 5. 甘藍抵抗萎縮病品種之育成

美國威斯康辛州 (Wisconsin State) 之農民於1915年間蒙受甘藍黃萎病 (*Fusarium conglutirans*, Cabbage Yellow) 之災害，損失甚重，大有放棄栽種甘藍之趨勢。瓊斯 (Jones) 與奇爾曼 (Gilman) 二氏於同年在染病田中發現若干植株，未曾罹害，選而攜歸，乃以後裔試驗法證實此項被選植株，確為抵抗品系，推廣之後，頗受農民之歡迎。於是甘藍黃萎病問題，已不如過去之嚴重。

#### 6. 番茄抵抗萎縮病品種之育成

恩格登氏 (Edgerton) 與其同事在路西安州 (Louisiana) 育成多種抵抗萎縮病之番茄品種。氏先將土壤消毒，然後以純粹培養之

病菌接種，拔除病株，選出有抵抗性者，栽培於曾經有病之土壤中，然後選出抗病而具有其他優良性狀之品系。

### 7. 蔬菜抗病品種之育成

歐瑞斯氏 (Emerson) 及其同事在美國密西根州 (Michigan) 育成 "M. A. C. Robusa" 豆種，能抵抗花葉病 (Bean Mosaic Disease)。林曼 (Rieman) 氏 1939 年謂蔬菜方面已有八十個以上之抗病品種，其中二十個較為著名。此八十個抗病品種列表如下：

中名	英名	品種數目	抵 抗 病 害
石刁柏	Asparagus	2	銹病 (Rust)
刀 豆	Snapbean	3 2	花葉病 (Mosaic) 豆銹病 (Bean Rust)
甘 藍	Cabbage	10	黃萎病 (Cabbage Yellow)
芹 菜	Celery	1	萎縮病 (Fusarium Wilt)
甜玉米	Sweet Corn	6	玉米枯萎病 (Stewart's Bacteria Wilt)
高 苣	Lettuce	9 3 2	火疫病 (Brown Blight) 霜霉病 (Downy Mildew) 端枯病 (Tip Burn)
甜 瓜	Cantaloupe	2	粉霉病 (Powdery Mildew)
豌豆	Peas	29	萎縮病 (Fusarium Wilt)
菠 菜	Spinach	2	花葉病 (Mosaic)
番 茄	Tomato	7	萎縮病 (Fusarium Wilt)

表二十八 各種蔬菜抗病品種之數目及病害

## 第二節 植物抗病之原因

上述作物對於某種病害常有抵抗性或免疫性，究竟作物何以具有此

耐性質，實為抗病育種之理論基礎，而應充分明瞭者。惜此種問題，迄今猶不能澈底解決，蓋其間原因複雜，彼此相互關連，頗使研究者不易獲得肯定之結論。

### 一 形態的抵抗力 (Morphological Resistance)

植物因具有特殊之形態構造，為病原菌所不易寄生發育，因而具有抵抗力者，謂之形態的抵抗力。

病菌中大多自寄主植物之氣孔侵入內部，故氣孔之數目、大小、性質等，常可影響病害發生之程度。其自表皮直接侵入者，則角皮層之性質，亦可影響作物之抗病性。又病菌孢子落於植物體上後，須有水分，方能發芽侵入，故如植物表面具有毛茸或臘質，不易滯留潤濕狀態者，亦能抗病。其次硬膜組織發達者，病菌雖侵入，亦不能發展，亦影響病害之程度，舉例如下：

#### 1. 氣孔

波爾 (Pool) 及梅蓋 (Mekey) 二氏 (1916) 謂甜菜未成熟之前，抗葉斑病 (*Cercospora beticola*) 極強。因其氣孔甚小，不容菌絲之侵入。氏又謂氣孔之開閉與病菌之侵入有關，如病菌孢子發芽時適值氣孔展開之際，則易受病，否則反是。柯卜 (Cobb) 阿蘭 (Allen) 二氏亦謂氣孔小之小麥品種能抵抗銹病 (Rust)。魏姆氏 (Weimer) 1926，謂 *Mycosphaerella brassicola* 菌係由氣孔侵入十字花科植物，如葉面每平方耗具有 142—300 氣孔者，則屬抗病性；若具有 342—575 氣孔者，則為感染品種。

#### 2. 表皮組織

如桃褐病菌 (*Schlerotinia* spp.) 不能侵入皮厚之桃實。番茄果腐病菌 (*Macrosporium* spp.) 易侵幼嫩之番茄；老熟者因表皮組織堅厚，具有抵抗力。甘藷表皮層損傷後，可發生木栓層，以阻止病菌之侵入。

#### 3. 毛茸及臘質

如豆莢上絨毛密厚者，則基腐病菌 (*Ascochyta* spp.) 不易侵入。小麥稈上毛茸密厚者，如病菌孢子數少時，則不易侵入。小麥稈鞘上多臘質 (Wax) 者，則能抵抗條銹病。

#### 4. 硬膜組織

麥稈老時，表皮下之細胞變厚而呈厚細胞 (Sclerenchyma)，足以抵抗稈銹病等病菌孢子之侵入。但幼嫩之莖無此厚膜細胞，故易受害，所以僅用幼苗接種測驗抗病性者，殊不可靠。

## 二 生理的抗病性 (Physiological Resistance)

病原菌侵入寄主之後，即營寄生生活，吸收植物細胞內之養分，以供其發育，是以寄主體內之生理作用影響病原菌之是否可以發育，關係甚大。換言之，寄主之生理，不利於病菌之發育者，則寄主有抵抗力；否則有感染性，茲舉例說明如下：

### 1. 屈化性

梅司氏 (Masse) 解釋植物之能否抗病，須視其內部有無刺激病菌之屈化性 (Chemotropism) 物質為斷。

### 2. 花青素

梭羅氏 (Sorauer) 及龔司氏 (Jones) 謂植物之花青素 (Anthocyanin) 與抗病性有關，氏等謂紅色馬鈴薯較白色光皮馬鈴薯之抗病力為強。

### 3. 細胞滲透壓力

關於滲透壓力 (Osmotic Pressure) 與抗病性之關係，吾人以爲病菌之細胞滲透壓必較高於其寄主，然後始能吸取其養分，以營生活。阿蘭 (Allen) 氏 1923 謂稈黑銹抗病絲之滲透壓力較 Baart 小麥細胞內之滲透壓力為高，故 Baart 小麥最易染病。

### 4. 酵素作用

Tanbenhanze 氏 (1912) 與 Cook 氏 (1911) 曾謂寄主可分泌酵素 (Enzyme) 以避免病菌之侵襲。Klotz 氏 (1927) 亦謂柑桔具抵抗褐



腐病 (*Pythiacystis citrophthora*) 與蒂腐病 (*Phomopsis Californica*) 之酸桔，能分泌酵素以遏止此種病原菌，使失去寄生能力。

#### 5. 含有特殊之化學物質

柯克 (Cook)、湯姆遜 (Thompson) 諸氏 (1911) 謂仁果類之細胞，一經損傷，即可產生單寧酸 (Tannic Acid) 以防禦病害之侵入。華克氏 (Walk, 1929) 謂洋蔥炭疽病 (*Colletotrichum circinans*) 僅發生於無色素之品種上；而有色者因含有兒茶酸 (Proatechnic Acid)，可以抗病。紐頓氏 (Newton, 1929) 謂小麥抵抗稈黑銹病菌，以其含有酚化物 (Phenolic Compound)。亞麻之抵抗萎縮病 (*F. lini*)，以其含有一種配糖體 (Glucocide)，其溶解液能產生鞣酸，以殺死病菌。

#### 6. 細胞液之酸度

有謂細胞液酸度 (PH值) 與抗性有關，亦有謂為無關者，均無確實之結果。

### 三 遺傳的抗病性 (Genetic Resistance)

植物抗病性除上述各種原因之外，最重要者為遺傳因子之關係。蓋上述各種原因，常受環境之影響，育種者僅可據為指示性狀，而無法控制。其由於遺傳因子之作用者，則一旦抗病品種選出後，其效力可永久不變。且可運用雜交方法，連合抗病性與其他優良性狀。故此種可遺傳之抗病性更為研究抗病育種者所重視。茲將前人研究結果，摘述如下，以供參考：

#### (1) 小麥抵抗稈銹病之遺傳

戈爾藤 (Goulden) 尼貝 (Nearby) 及魏雪 (Welsh) 三氏 (1928) 研究小麥抵抗稈銹病 (Stem Rust)，謂抗病性由於二重因子 (Duplicate Factor) 之作用，一為“R<sub>1</sub>”因子，一為“R<sub>2</sub>”因子。如 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 同時存在時，表現抵抗 (Resistant)；如單獨存在時，則表現半抵抗 (Semiresistant)；如二種顯性因子均不存在時，為高度被

害 (Highly Susceptible) 。氏等雜交時所用之材料爲 H44—24 (對程銹病之 36 號生理小種有抵抗力，因子型爲 R<sub>1</sub>R<sub>1</sub>R<sub>2</sub>R<sub>2</sub>) 及 Marquis (對 36 號生理小種爲受害性，因子型爲 r<sub>1</sub>r<sub>1</sub>r<sub>2</sub>r<sub>2</sub>) 。

海斯 (Hayes) 派克 (Parker) 及凱士偉 (Kurtzewel) 三氏 (1920) 認爲欲加強普通小麥之抗病性，必須將抗病性較強之二粒小麥類 (Immer Group) 與普通小麥雜交，方爲可能。氏等乃以硬粒小麥 (Durum Wheat) 品種 “Iumillo” 對程銹病具有抵抗力者，與普通小麥之優良品種 “Marquis” 對程銹病爲感染性者雜交，育成一種抗病性 (稍遜於 Inmillo) 而具有普通小麥性狀之優良品種 “Marquillo” 。海斯 (Hayes) 史戴曼 (Stakman) 及阿摩脫 (Aamodt) 三氏 (1925) 復舉行複交：(Marquis × Iumillo) × (Marquis × Kanred) 獲得 “Thatcher” 品種，氏等謂 “Marquillo” 之抗病性，爲二對獨立遺傳因子所控制。惟 “Marquillo” 與 “Thatcher” 兩品種在幼苗期對若干生理小種仍爲感染性，自抽穗至成熟期則具有抵抗力。

毛發德 (McFadde) (1930) 以二粒小麥 (*T. dicoccum*) 之品種名 “Yaraslov Emmer” 者與 “Marquis” 雜交，獲得兩個優良品種，即 “Hope” 與 “H44” 。惟此二品種之抗病習性與 “Marquillo” 及 “Thatcher” 相同，至長成之植株，始爲顯著。如以 “Hope” 及 “H44” 與其他感染性之普通小麥雜交，爲簡單之曼氏遺傳，第一代雜種 (F<sub>1</sub>) 表示抗病性爲顯性，第二代 (F<sub>2</sub>) 有分離現象，其後各代之分離結果發現由於一對或二對因子之作用。其比率有下列各種：9 : 7、3 : 1、15 : 1、1 : 3 及 1 : 15 。( Clark and Ausemus 1928, Goulden, Neatby and Welsh 1928, Ausemus 1934, Churchward 1931 ) 。

## (2) 小麥抵抗腥黑粉病之遺傳

勃力克氏 (Briggs, 1933) 研究小麥抵抗腥黑粉病之遺傳，曾決定十個抵抗品種之遺傳組織。氏以 M 代表 “Martin” 抗病因子，T 代

“Turkey”抗病因子，H代表“Hussar”抗病因子。M為完全顯性，T及H為不完全顯性。故異質型時，為中間性。勃力克氏(1940)又發現M與T二因子為連鎖遺傳，新結合百分數為34.22%。茲將十個抗病品種之遺傳組織，列表如下：

小麥品種	抵抗腥黑粉病之因子
Martin	MM hh tt
White Odessa	MM hh tt
Banner Berkeley	MM hh tt
Odessa	MM hh tt
Sherman	MM hh tt
Hussar	MM HH tt
Selections 1418 及 1403	mm HH tt
Turkey 1558	mm hh TT
Turkey 3055	mm hh TT
Oro	mm hh TT

表二十九 小麥品種及抗腥黑粉病之因子

### (3) 大麥抵抗稈銹病之遺傳

派渥氏 (Powers) 及亨印氏 (Hines) 1933，研究大麥抵抗稈銹病 (Stem Rust, *Puccinia graminis tritici*)，舉行雜交；一為“Peatland × Glabron”一為“Peatland × Minn 462”，Peatland 品種為抗病之親本，Glabron 與 Min. 462 均由 “Smooth Awn × Manchuria” 之後代中所選得，皆為感染性。根據成長植物之抗病反應，抗病性為顯性，且為單對因子之作用。卜羅根氏 (Brookins 1940) 發現上述抗病因子之連鎖遺傳，如下圖所示：

T	12.6	Br	9.8	F <sub>c</sub>
t		br		fc
16.7				

T、t代表對稈銹病之抵抗性及感染性，Br、br代表正常植株及畸形植株，Fc、fc代表正常綠色幼苗及黃綠色幼苗。此等因子皆在第七個連繫羣中。上圖數字為交叉價百分率，表示各因子間之距離。

#### (4) 大麥抵抗霜霉病之遺傳

史丹福 (Stanford) 及勃力克氏 (Briggs) 1940 在美國加州農事試驗場研究大麥抵抗霜霉病 (Mildew, *Erysiphe graminis hordei*) 之遺傳，以十個品種對於大麥霜霉病之第三號生理小種有抵抗力者，彼此間互相雜交，并與感染品種“Atlas”雜交，已發現各抗病品種之遺傳因子組織，如下表所示：

大 麥 品 種	抵抗霜霉病之因子
Hanna	$Ml_h Ml_h$
Goldfoil	$Ml_g Ml_g$
Arlington Awnless	$Ml_p Ml_p Ml_y Ml_y$
Chinerme	$Ml_p Ml_p Ml_y Ml_y$
Nigrate	$Ml_p Ml_p Ml_y Ml_y$
Algerian	$Ml_a Ml_a$
S. P. I. 45492	$Ml_a Ml_a$
Kwan	$Ml_k Ml_k$
Psaknon	$Ml_p Ml_p$
Duplex	$Ml_h Ml_n Ml_p Ml_p ml_d ml_d$

表三十一 大麥品種及抗霜霉病之因子

觀表可知抵抗霜霉病之因子共有七種，其中六種為顯性，一種為隱性。故一個抗病品種可能含有一種至三種抗病因子。二氏又發現  $Ml_a$  與  $Ml_k$  兩種因子為連繫遺傳，其新結合百分數為 9.81%，其餘五種因子與此二種因子及彼此之間均為獨立遺傳。由此言之，以

七種抗病因子控制一種病害之一個生理小種，其因子種類之多，實為其他植物所罕見。

#### (5) 水稻抵抗稻熱病之遺傳

雷梅氏(Ramiah, K.)等於1936年研究水稻抵抗稻熱病育種，以 G. E. B. 24 (抗病種) × Korangusamba (優良純系) 及 co.4 (抗病種) × Korangusamba 兩種雜交之結果完全不同，前者抗病性為簡單之隱性性狀；後者抗病性為顯性性狀，但為複雜之遺傳現象。

#### (6) 亞麻抵抗銹病之遺傳

福羅(Flor)氏1940根據十一個亞麻品種之反應，已鑑別亞麻銹病(Rust, *Melampsora lini* Pers.)有24個生理小種，並無一個亞麻品種能抵抗全數生理小種。其中如亞麻品種“Ottawa 770B”除對生理小種22號有感染性外，其餘生理小種皆能抵抗。而阿根廷型品種“Argentine Type”，除生理小種19、21、22外，皆能抵抗。但能抵抗北美所收集之生理小種者，即不能抵抗南美之生理小種。漢雷(Henry, 1950)氏以Ottawa 770B為免疫性親本，與感染品種雜交，免疫性在F<sub>1</sub>表現為顯性，且為單對因子已作用。如以“Argentine Selection”為免疫親本與感染品種雜交，則F<sub>2</sub>分離結果為15:1。馬雅氏(Myers, 1937)將用以研究抗銹遺傳之亞麻品種分為五類：即免疫性、近乎免疫性、抵抗性、半抵抗性及感染性，馬氏以遺傳因子解釋如下：

$L, M$  —— 免疫性 (Immunity) —— 重複因子 (Duplicate Factor)

$l^n, m^n$  —— 近乎免疫性 (Near Immunity)

$l^r, m^r$  —— 抵抗性 (Resistant) —— 重複因子

$l, m$  —— 感染性 (Susceptible) —— 隱性相對性狀 (Recessive Alleles)

如此分成兩種相對因子系統：一為  $L, l^n, l^r, l$ ；一為  $M, m^n, m^r, m$

○亞麻品種“Ottawa770B”之因子型爲LLmm。

關於抗病性之遺傳，例證尙多，不勝縷述。吾人觀夫上述各種結果，對於抗病性之可以遺傳，即由於遺傳因子所控制，可以信而有徵。

#### 四 環境的抗病性 (Environmental Resistance)

亞麻被萎病 (Wilt, *Fusarium lini*) 爲害之輕重，受環境之影響甚大。尤以土壤溫度爲甚，如溫度過高，易使病菌發育，受害嚴重。又如 Marquis 小麥對於稈銹病生理小種46號及45號之反應，夏季極易感病而冬季則能抗病，亦係溫度高低使然也。

### 第三節 育種之技術

#### 一 育種方法

抗病育種方法與普通育種相仿，所不同者即以人工接病 (Inoculation) 強其爲害，使表現植物抗病能力之強弱，然後特別注重於抗病品種之選擇而已。普通育種時，吾人所應用之原理有三：即引種、選種與雜交是也。抗病育種亦然，應用引種法以引進他處所育成之抗病品種，各國實行成功者甚多。應用選種法 (Selection) 者，即選擇無病之作物，用人工接病法 (Inoculation) 使其生病，然後觀察受病情形，選優去劣，年復一年，即可獲得抗病品種。抗病品種選得後可應用雜交法 (Hybridization) 以連合抗病性與其他優良性狀。

果木之抗病育種較其他作物爲困難，蓋雜交之後，欲得結果往往需六七年之久，爲期過長，工作不易，若用接木方法雖不能培育新品種，然亦可移授抵抗性。

#### 二 田間佈置

抗病試驗田間佈置之原則如下：

- (1) 行之長短及區之大小，最好與普通試驗相仿。
- (2) 祇少須重複一次，多則更好。
- (3) 品種初步試驗時，可以秩序排列，反之須隨機排列。

(4) 選擇早熟及易感受病害之品種作為標準，至少須第五行置一標準，作保護行使能每畝一區置一標準最好，抗病區之四周，須以易感病之品種作保護行，使病菌易於傳佈。

(5) 播種時期最好分為兩期，俾各品種多得受病之機會。

### 三 人工接病

人工接病可分室內與田間兩種，室內接病可於種子播種前進行；田間接種，可於作物生長期內實施之。如幼苗期、開花期及成熟期皆可也。田間接種時，應以陰天或傍晚為宜，因此時無烈熱之陽光，可予病菌以發生之良好機會。但遇下雨或大風，當停止工作，以防病菌之沖失及吹散也。接病手續，因植物及病菌之種類而異，大別之可分為種子接病、土壤接病、花器接病等，茲分述如下：

#### 1. 種子接病

種子接病，即將病毒附着於種子外表，使其發芽後為害幼苗。其法有乾接與濕接兩種：乾接者如小麥之腥黑穗病、燕麥之堅黑穗病、大麥之堅黑穗病、高粱之稈黑穗病、棉花之炭疽病等，常以孢子塊搓碎後，與種子拌混而後播種。濕拌者例如麥類斑點病及腳腐病等，其病原所生成之授病體如孢子等數量較少，常將病毒容洗水中，作成孢子懸游液 (Suspension Spores)。而將麥粒先浸於1—1000昇汞液中，消毒十分鐘，再用清水洗滌數次後，移浸於此孢子懸游液中，十分鐘再取出陰乾，即可播種。

種子接病有時因種皮過厚，病菌不易浸入，不得不於接種前加以特別處置。例如大麥之堅黑穗病及褐色散黑穗病，固可種子接病，然大麥種粒，外方被有堅硬之穎稃，若用上述方法，以病毒拌和種粒，頗難達到接病之目的。故鐵達氏 (Tisdale) 於1923年倡用去殼接病法，即以大麥種子，用切片刀或指甲，剝去近胚部之穎稃，然後接病。

#### 2. 土壤接病

如麥類銹虫病、高粱黑頭病 (Head Smut) 及各種立枯病、萎病等，常由土壤傳播病菌侵入寄主者，可用土壤接病法。其法將授病體研成粉末，混入土中，然後播種。徐治氏與作者1937年在西北農學院農場，舉行高粱抵抗黑頭病試驗時，將黑頭病之孢子塊，研成粉末與沙土拌和，撒在已開溝之試驗行內，然後播種、蓋土，結果甚為完滿。土壤接病時，若將所用之病菌與糞肥混合，撒在田中，則病菌發生之機會更多。

### 3. 植株接病

凡由空氣傳播或接觸傳播性之病害，可用植株接病法。因其處置方法不同，可別為噴射、塗抹、針刺等法：

- (1) 噴射法——噴射法實為最普通之接病法，即用病菌之懸游液用噴霧器噴散於植物體上。例如小麥黃銹病之接種法，可於多病田中，採取病葉，在滿注清水之盆中，搓落病菌孢子，使成懸游液。然後於傍晚或陰天噴射於供試之植株上。噴射時最好先用清水將麥株噴霧一次，再將孢子懸液噴灑之，更為妥當。徐治氏與作者，曾用此法舉行玉蜀黍黑粉病之接病，將上年收集之病塊，浸於糞肥水中數小時，俟病塊飽和後為止。用人工搓碎病塊，使成懸游液，濾過後，以噴霧器噴射於玉蜀黍之植株上，此種接病法自苗高僅一尺起至開花止，可以每隔一星期噴一次，蓋噴射之次數愈多，植株之受病機會亦愈多也。
- (2) 塗抹法——凡直接由植物之表面組織或氣孔侵入之病害，均可用此法接病。其手續先將接病部以酒精揩拭消毒，再用消毒白金耳鉤取病毒塗布其上，接病後或覆以玻璃鐘，或置布幔罩蓋，令於24—28小時內，保持充分之濕氣而不接觸直射光線。麥之銹病、棉之角斑病等均可用此法接病。
- (3) 針刺法——凡不能直接侵害健全植物之病菌，人工接病時須



先刺破或壓捻之，作成人工傷口，而後接種病毒。或先塗布病毒，而後用針刺傷均可。例如煙草、番茄、馬鈴薯等花葉病接病時，先榨取被害植物之汁液濾過後，用解剖針卷裹棉花蘸取之，塗布於供試植物之葉脈部分，而後用針尖局部刺傷，以導入於維管束中，成效甚著。

#### 4. 花器接病

病毒于寄主開花前後，由花器傳染侵入，而潛居於種子內部之病害，必須舉行花器接病，方有效果。例如小麥散黑穗病及大麥散黑穗病等，可將正在開花之麥穗，用鑷子展開其外穎，而以毛筆蘸取孢子，塗布於雌蕊柱頭，一如人工交配時之授粉手續。或以燈罩覆於穗上，下塞棉花，內盛病毒，而用玻管吹散病毒，俾粘落花中，較為省工，且可獲得多量受病之種子。摩爾 (Moore) 氏於1936年設計一種小麥散黑穗病接種之裝置，將麥穗納入玻筒，下端用極軟而有裂隙之橡皮栓塞之，並連通接種材料之玻瓶。上端以橡皮管連接唧氣筒，此玻筒與玻瓶分別固定於適當之支柱上。另用100C. C.之水製成新鮮病穗之懸游液，作為接病材料而盛於玻瓶中，然後抽動唧氣筒，則液即上升玻管，待麥穗全浸而充滿玻管之 $\frac{3}{4}$ 時，乃關斷液路，並激烈抽動唧筒六次(小麥)至十五次(大麥)；於是麥穎開張，而液中病毒落沉花中矣。用此法接病，即省工而效率大，據云接病率可達90—100%，而一小時內，可接60—80穗。

一部分稻熟病舉行人工接病時，亦可應用花器接病法。或當晴天稻花盛開之際，噴射病毒懸液於稻花上，或將稻穗納入燈罩內，下端塞以棉花，再將孢子放入罩中，用玻管吹散孢子，又或以剪刀剪去稻穀頂端 $\frac{1}{4}$ ，毛筆蘸取孢子塗於柱頭上均可。

人工接病後，接種率 (Infection Rate) 之高低，亦足以影響抗病育種試驗之差誤，不可不加以研究。Mckinney 1923, N. Slikade 1922及 Mitra 1930 三氏研究麥類病原菌 *Helminthosporium* 屬之接

種程度，常用接種率大小之比較。其法先規定各發病程度之接種價，然後照公式計算其接種率：

$$\text{接種率} = \frac{\text{各供檢植株接種價之總和} \times 100}{\text{供檢株數} \times 4}$$

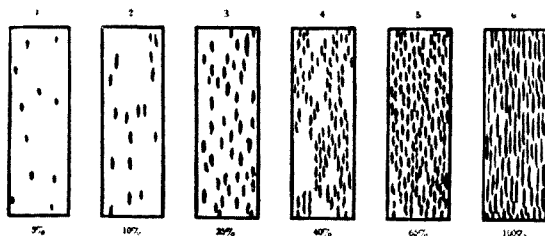
設一試驗區之幼苗於發芽後立即完全枯死，其接率為100。

#### 四 田間記載

記載作物病害之程度，必須預立標準，俾估計病害時有所依據。此項標準，并無呆板之規定，工作者祇須由自己之經驗決定，以能適於自己之應用即可。朱鳳美氏將植物品種抗病性之分級標準，別為六類，茲舉例說明如下，以資田間記載時之借鏡：

- (1) 根據植物體面之病斑數——數記植物體一定面積中之病斑個數，為記載發病程度最普通之方法。
- (2) 根據植物株叢之發病率——數計植物罹病個體之百分率，亦為記載發病程度之普通方法。
- (3) 根據植物體之罹病面積——麥秋氏 (Melchers 1922) 調查小麥抗褐銹病之性質，以葉上約有 57% 之面積為孢子堆佔據時為100%，而後由是推算為 65、40、25、10及 5%等六級。

馬保之氏之記載條銹病程度時，所採用之分級法如下圖所示：



圖十四 小麥條銹病在葉面分佈之等級

(4) 根據病斑之發生狀況——伊爾生 (Eriksson) 及司台曼氏 (Stakman) 等研究小麥品種之抗褐銹病性質，按夏孢子堆之大小及其附近之麥葉組織情形定病害之程度為免病、極抗病、甚抗病、中等抗病、中等受病、完全受病六種。

涂治氏與作者在西北農學院農場舉行玉蜀黍抗病育種，記載玉蜀黍抵抗黑灰病 (Corn Smut) 之程度時，係根據黑灰病塊之大小及地位，以定被害及抗病之等級。

被害程度 (Degree of Susceptibility) —— 被害程度，係根據每行之被害百分率。記載時，除記載病塊大小及被害部分外，數計每行總株數，每行內被害之株數，然後求出百分率，定被害程度為三等如下：1. 被害最輕者 (0.0—15.0%)；2. 被害不甚重者 (15.0—50.0%)；3. 被害最重者 (50.0—100.0%)。

(5) 根據病菌之發育情形——曼氏 (Mains, 1930) 研究大麥品種對於粉霉病之抗病性質，係視病菌之發育情形而分為 1. 2. 3. 4. 四級。

(6) 根據收穫物中所含之病毒量——李克氏 (Leake) 研究小麥線蟲病對於麥種之關係，除數計麥苗與麥穗之被害率外，更衡量脫粒調製後之麥種中所含線蟲癭粒之重量、容量與數量之百分率。氏又謂估計線蟲之損失，當以測計蟲癭在容量上所佔百分率，比較最為正確。

#### 第四節 抗病育種之困難及其補救法

##### 一 病菌之生理限制性 (Physiological Specialization)

同一病菌，形態上雖毫無差異，而其致病力則大有出入。由此所分之個體，得名之曰病菌之生理小種 (Physiological Form)。設生理小種 A 能侵害植物品種甲而不能侵害植物品種乙，則乙為 A 之抵抗種；甲為 A 之被害種矣。此抵抗品種乙，或許對於生理小種 B 者為有感染性。如

此欲使一植物品種能抵抗若干生理小種，為不可能之事。近來研究小麥稈銹病，所發現之生理小種有 177 種之多，故欲育成一小麥品種而能抵抗此 177 種之生理小種之病菌，誠有憂乎其難之慨！

生理小種鑑別方法約有二端：

- (a) 調查并收集某病菌所有已知之生理小種，用人工接病法，接種於供試驗之各種鑑別寄主上，以觀其反應。例如史密斯氏 (Smith 1934) 研究燕麥稈銹病之八種生理小種，對於四種鑑別寄主之反應，曾列表如下：

品 種	對於生理小種之反應				R—抵抗力		S—感染性	
	1	2	3	4	5	6	7	8
White Russian	R	R	S	S	R	S	S	R
Rainbow	R	R	R	S	R	S	R	S
Joanotte	R	S	R	R	S	S	S	S
Victory	S		S	S	S	S	S	S

表三十一 燕麥品種對於稈銹病八個生理小種之反應

觀上表結果，以 Rainbow 品種之抵抗力較大，以其能抵抗 1. 2. 3. 5 及 7. 五個生理小種；White Russian 及 Joanotte 品種各能抵抗 4 個及 3 個生理小種；Victory 品種則毫無抵抗力，以其對於稈銹病之任何生理小種，皆有感染性故也。據云 1. 2. 5 三種為美國西北中部最普通之生理小種，故在該處推廣 Rainbow 及 White Russian 兩燕麥品種頗有希望。

- (b) 將鑑別寄生 (即品種或品系) 分植於各種不同之地域舉行區域試驗與以接受某病菌多數生理小種之機會。

以上二法當同時并進，不可偏廢，并須重複試驗，以求精確之結果。

二 植物品種能抗甲種病者未必同時能抗乙種病者

吾人於抗病育種時，不特希望某植物品種能抵抗甲病之一切生理小種，且希望其能抵抗甲病以外之一切病害。但此種希望，事實上甚為困難，且往往有令人失望者。即抵抗甲病之品種，偏不能抵抗乙病。例如亞麻品種“Winona”有強度之抗萎病能力，但罹銹病(*Melampsora lini*)甚重。美國已育成甘藍多種，能抗甘藍黃萎病，但無一品種能抵抗甘藍根病(Club Root of Cabbage)者。金大2905小麥對於稈黑粉病及散黑粉病抗病性雖強，然對於赤霉病及褐銹病則感染甚烈。又如吳爾曼氏(Woolman 1921)年報告小麥品種Qro，有強烈之抗暎黑穗病能力(約1.7%)，但以其易感染葉銹病(凡80%)，仍不能推廣於農民。在此種矛盾情形之下，吾人只有覓取二種途徑，以解決此種困難為：第一、調查該地病害中以何種病害較為嚴重，先設法育成抗該病之品種以解決之；第二、將抵抗甲病之品種與抵抗乙病之品種舉行雜交，以期能於後代中獲得抵抗甲乙兩病之品種。

### 三 植物之抗病能力往往有地方性與時間性

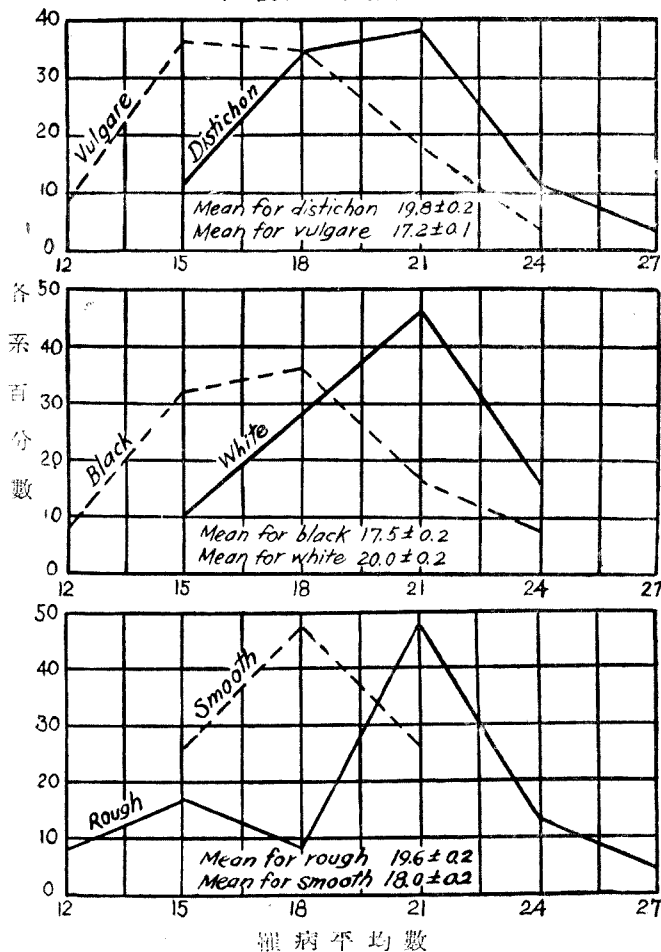
抗病品種在甲地能抗病，在乙地不能抗病，由於甲乙兩地之病菌生理小種不同，以致反應各異，前已言之。但有兩地之生理小種，未必各異，而植物品種之抵抗能力完全相反者，則不得不歸咎於環境之影響。

### 四 植物抗病性之遺傳與外部性狀之關係

Griffee (1925) 氏研究大麥斑紋病(Spot Blotch, *Heminthosporium sativum* P. K.&B.) 之抵抗性時，以大麥品種“Svanhals”及“Lion”兩品種舉行雜交，其性狀如下：

Svanhals	Lion
白穎白葉皮(White Hull & Pericarp)	黑穎黑葉皮(Black Hull & Pericarp)
二稜(2-rowed, Distichon)	六稜(6-rowed, Vulgare)
糙芒(Rough Awn)	光滑(Smooth Awn)
抗病(Resistant to Spot Blotch)	感染(Susceptible to Spot Blotch)

黑穎與白穎；二稜與六稜；糙芒與光芒，皆為單對因子之作用，且



圖十七 大麥品種Svanhals × LionF3各系其他性狀為同質因子型時對於銹紋病反應之分佈情形 (仿Griffee)

為獨立遺傳。分別研究各對性狀時，則在 $F_2$  ( $F_2$ 繁殖後，再觀察 $F_3$ )發現各對性狀與斑紋病反應間似有連繫，如圖十七所示。

圖內虛線性狀之曲線，表示對斑紋病有感染性；實線性狀之曲線，表示對斑紋病有抵抗力。由雜種平均數及曲線觀之，二稜大麥較六稜大麥為抗病；白穎大麥較黑穎大麥為抗病；有芒大麥較光芒大麥為抗病。由此可知，影響大麥抗病性之因子至少有三對或三羣，分別位於穎色、稜數及芒之光穎等因子所在之染色體上。影響抗病性與感染性者，並非與控制其他性狀者為同樣之因子，蓋吾人由Svanhals與Lion雜交之結果亦可獲得抗病、白穎、六稜、光芒之品種以及抗病、黑穎之品種。上文曾述及小麥抵抗線虫病與穎盾寬度有關；小麥抵抗條銹病與葉鞘及莖部之蠟質多少有關，事實上亦並非所有品種皆為如此。

葉姆(Immer, 1927)及胡佛(Hoover, 1932)二氏研究玉蜀黍黑粉病(Corn Smut)之連繫遺傳，二氏以其有抵抗力之自交系與感染性之因子測驗品種(Genetic Testers)雜交，發現雄蕊結實(Tassel Seed)、畸形植株(Brachytic Plant)及紫舌缺如(Liguleless)等性狀與感染性有連繫現象。二氏謂上述各種性狀易使玉蜀黍品種有感染性。由此可知植物抗病性與形態有連繫而並非完全連繫，故吾人於抗病育種時，欲選擇外表性狀，預定選擇標準，以判斷品種抗病力之強弱，固不可厚非。但僅憑個人經驗，根據某種外部形態，以推測或武斷某品種之抗病能力，則結果未有不失敗者也。

### 五 抗病品種常缺乏優良品質

能抗病之品種未必能產量高、品質佳，且時多缺乏優良品質，前已言之。例如Iumillo, Webster均為抵抗稈銹病之小麥品種，但因品質惡劣，不能應農民之需求，是又增育種一層困難。若抗病品種育成後，再與品質優良之品種舉行雜交，亦未始無連合好品質與抗病力之希望。例如上節所述之“Qro”小麥品種與“Tenmarq”小麥雜交後，在 $F_4$ 中能獲得抗病與粉質良好之新品系，不過多費人工與育種之年限耳。

## 六 抗病之父母本不易找到

抗病育種時，吾人欲獲得適當之材料，舉行雜交，頗為困難。例如番茄之花葉病，未覺得適當之抗病種，故迄今無可抵抗此病之番茄。惟據過去研究，覓母株時，如在栽培之品種不能獲得，可在野生種中求之。故西瓜之抗萎縮病(Wilt)育種，曾用野生品種(Citron)與栽培種交配，結果竟得抗病品種。美國康乃爾大學用異體之馬鈴薯交配(Interspecific)，亦獲得抗病品種，但此種交配成功之機會，甚為困難也。

## 第五節 抗病育種之注意之事項

### 一 育種學家應與病理學家分工合作

育種學家注意品種之其他優良性狀與夫田間試驗區之佈置及雜交方法；病理學家應注意病菌之培養法、接種法、生活史及生理小種之研究。

### 二 應辨別抗病性之真偽

第二節所述植物對某種病害有抵抗力或免疫性，此為其遺傳上賦有之性質，永久不變，抗病育種者，自能育成具有此種性質之品種也。然有時作物因環境上之原因，暫時亦能表示抵抗病害，實則並無此等能力，一旦環境不適，即罹害嚴重，此謂之偽抗病性，吾人若不詳加察別，則易受其混淆而廢事功。偽抗病性又可分為二種：一曰避病性(Disease Escaping)；一曰耐病性(Disease Enduring)。

#### A. 避病性

所謂避病性者，植物對某種病害全無抵抗力，甚且極易感染。但因環境不適於病害之生長或作物成熟較早或較遲時，能避免該病之發生。

#### B. 耐病性

耐病性者，植物原無抵抗病害之能力，但有時因植株發育旺盛，受病菌侵襲後，恢復甚迅速，似乎不受病害。然一旦植株之發育衰弱時，仍不免受病菌之壓迫而致死也。



### 三 應詳記環境因素

環境因素對於病害之發生，關係甚大，前已言之，故如溫度、雨量以及土壤之水分、酸度、耕作之方法、肥料之施用等，均應詳細記載之，以供解釋結果時之參考。

### 四 應將各種病害分別試驗

抗病育種時，對於某作物所有之病害，不可全數同時研究，應辨其輕重分別試驗。例如小麥之普通病害有銹病(Rust)及黑粉病(Smut)。銹病又分條銹病及褐銹病等；黑粉病又分散黑粉病、腥黑粉病及稈黑粉病等。此種病菌，種類不同，性狀各異，接種方法，亦不相似。譬如舉行小麥抗稈黑粉病之試驗時，吾人當以純粹之稈黑粉病菌接種，將來記載時，亦專注意稈黑粉病為害之程度，其他病狀，即偶有發現，亦不必在此項試驗內同時考慮。若夫各種病菌混淆接種或同時記載時，結果未育其確者也。

### 五 應注意選擇材料及試驗之地點

抗病育種首重收集材料，若在無病之地選擇抗病品種，則希望甚少。故必須於病害嚴重之地，選擇無病者，充作材料，較為可貴。至於抗病試驗區，應與育種試驗區隔離稍遠，以免病菌之傳播。抗病區應將病株之遺留物，堆放田中。其他要素，如土壤、肥料、水分等，必須使之適應病菌之發生。

### 六 應注意幼苗及植株抗病性之關係

若干病菌，在寄主幼苗期容易侵入，及植株成熟後，則不能為害。換言之，植物在幼苗期有感染性，及成熟則具有抗病性；相反者亦有。若在此種情形下，抗病試驗時，不能根據幼苗時期之罹病程度而推測其成熟植株。但間有若干品種，幼苗之抵抗性與成熟植株之抵抗性有密切

關係者。即幼苗時有感染性者，成熟時亦易罹病；幼苗時能抵抗者，成熟時亦然。故祇須於幼苗時人工接病，記載被害程度，即可代表成熟植株之罹病情形，而決定其有無抵抗力也。上述三種情形，則以前二者育種時較為費工，而後者較省時也。

### 討 論 問 題

1. 試舉我國水稻、小麥、棉花、高粱、玉蜀黍等重要病害為育種時所應注意者各二種。
2. 何以作物抗病育種為作物病害防除法之最重要且最基本者？
3. 抗病育種之方法與普通育種法是否相同？
4. 何謂人工接病？其目的安在？
5. 何種病菌宜於種子接病、土壤接病、植株接病、花器接病？試各舉病菌二種以上說明之。
6. 田間記載病害之方法可分幾種？試舉例說明之。
7. 何謂病菌之生理小種？并說明其鑑別方法。
8. 在甲地能抗某病之品種，栽培於其他各處，是否亦能抗病？試說其理由。
9. 植物病害與環境有無關係？試舉例申述之。
10. 抗病育種時，植物病理學家與作物育種家應分工合作，試列舉兩方面各應特別注意之事項。
11. 何謂真偽抗病性，試列表說明之。
12. 在何種情形下，吾人可由幼苗抗病力之強弱以推測成熟植物之抗病力？
13. 試舉若干實例，證明植物抗病性由於外部構造之特異。
14. 試舉若干實例，證明抗病性由於寄主原形質之特異，或其他生理動作之關係。
15. 植物之抗病性何以可以遺傳？其遺傳法則如何？

## 參 考 文 獻

1. Barker, H. D. 1923. A Study of Wilt Resistance in Flax. Minn. Exp. Sta. Tech. Bull. 20.
2. Briggs, F. N. 1933. Breeding Wheats Resistant to Bunt by The Backcross Method. Jour. Am. Soc. Agron. 22: 233—244.
3. Briggs, 1933. A Third Genetic Factor for Resistance to Bunt-Tilletia tritici, in Wheat Hybrids. Jour. Genetics, 27: 435—441.
4. Brookins, W. W. 1940. Linkage Relations of The Factors Determining Reaction to Stem Rust in Barley. Ph. D. Thesis. University of Minnesota.
5. Burnham, C. R. 1932. The Inheritance of Fusarium Wilt Resistance in Flax Jour. Am. Soc. Agron. 24: 734—748.
6. Burnham, & J. L. Cartledge, 1939. Linkage Relations between Smut Resistance & Semi-sterility in Maize, Jour. Am. Soc. Agron. 31: 924—933.
7. Clark, J. A. & Ausemus, E. R. 1928. Immunity of Hope Wheat from Black Stem Rust Inherited as A Dominant Character, Jour. Am. Soc. Agron. 21: 152—159.
8. Craigie, J. H. 1940. The Origin of Physiologic Races of Rust Fungi through Hybridization. The Genetics of Pathogenic Organisms, Publication of The American Association for The Advancement of Science, No. 12, pp 66—72. The Science Press.
9. Dickson, J. G. 1939, Disease of Cereal & Forage Crops, Burgess Publishing Co., Minneapolis, Minn.
10. Flor, H. H. 1940. New Physiologic Races of Flax Rust. Jour. Agr. Research, 60: 575—591.

11. Garber, R. J. & Quisenberry, K. S. 1925. Breeding Corn for Resistance to Smut (*Ustilago zeae*) Jour. Am. Soc. Agron. 17:132—140.
12. Hayes, H. K. & Immer, F. R. 1942. Methods of Plant Breeding, McGraw-Hill Book Co.
13. Hayes, E. C. Stakman, & O. S. Aamodt, 1925. Inheritance in Wheat of Resistance to Black Stem Rust. Phytopathology, 15: 371—387.
14. Hayes, E. C. Stakman, Fred Griffee & J. J. Christensen, 1923. Reaction of Barley Varieties to *Helminthosporium sativum*. Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 21.
15. Hayes, E. C. Stakman, Fred Griffee & J. J. Christensen, 1924. Reaction of Selfed Lines of Maize to *Ustilago zeae* Phytopathology, 14. 268—280.
16. Henry, A. W. 1930. Inheritance of Immunity from Flax Rust. Phytopathology, 20: 707—721.
17. Hoover, M. M. 1932. Inheritance Studies of The Reaction of Selfed Lines of Maize to Smut (*Ustilago zeae*). West Va. Agr. Exp. Sta. Bull. 253.
18. Immer, F. R. 1927. The Inheritance of Reaction to *Ustilago zeae* in Maize. Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 51.
19. Johnson, T. & Margaret Newton, 1940. Mendelian Inheritance of Certain Pathogenic Characters of *Puccinia graminis tritici*. Canadian Jour. Research, C. 18: 599—611.
20. Jones, L. R. & J. C. Gilman, 1915. The Control of Cabbage Yellows through Disease Resistance. Wis. Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 38.

21. Murphy, H. C. Starton, T. R. & F. A. Coffman. 1936. Hybrid Selections of Oats Resistant to Smuts & Rusts. Jour. Am. Soc. Agron. 28: 370—373.
22. Myers. 1937. The Nature & Interaction of Genes Conditioning Reaction to Rust in Flax. Jour. Agr. Research. 55:631—666.
23. Orton, W. A. 1913. The Development of Disease Resistant Varieties of Plants. IV. Conférence Internationale de Génétique. Paris. 1911.
24. Pan, C. L. 1940. A Genetic Study of Mature Plant Resistance in Spring Wheat to Black Stem Rust. *Puccinia graminis tritici*. & Reaction to Black Chaff. *Bacterium translucens var. undulosum*. Jour. Am. Soc. Agron. 32: 107—115.
25. Reed, G. M. 1905. Physiological Specialization of The Parasitic Fungi. Botanical Review. 1: 119—131.
26. Reid, D. A. 1938. A Study of The Inheritance of Seedlings & Mature Plant Reaction to *Puccinia graminis tritici* in A Cross of Wisconsin 38 × Peatland barley. M. S. Thesis. University of Minnesota.
27. Rieman, G. H. 1939. The Importance of Disease Resistant Varieties in A Programme of Vegetable Seed Production. Annual Rept. Canadian Seed Growers Assoc. Ottawa.
28. Sansome, F. W. & J. Philp. 1939. Recent Advances in Plant Genetics. Ed. 2. The Blackiston Company. Philadelphia.
29. Smith, D. C. 1934. Correlated Inheritance in Oats of Reaction to Diseases & Other Characters. Minn. Agr. Exp. Sta. Techn. Bule 102.

30. Stakman, E. C. 1914. A Study of Cereal Rusts: Physiological Races. Minn. Agr. Exp. Sta. Bull. 138.
31. Stakman, L. O., Kunkel., A. J., Riker., J. H., Craigie., H. A., Rodenhiser & J. J. Christensen. 1940. The Genetics of Pathogenic Organisms. pp. 9—17. 32—27. 46—53 & 66—90. Publication of American Association for The Advancement of Science. No. 12. Science Press.
32. Stanton, T. R., G. M. Reed & F. A. Coffman. 1934. Inheritance of Resistance to Loose Smut & Covered Smut in Some Oat Hybrids. Jour. Agr. Research. 48: 1072—1083.
33. Walker, J. C. 1935. Types of Disease Resistance. Zesde International Botanisch Congress Proc. 2: 200—208.
34. Welsh, J. N. 1931. The Inheritance of Stem Rust Reaction & Lemma Colour in Oats. Sci. Sta. Agr. 12: 210—242.
35. Welsh, 1947. The Synthetic Production of Oat Varieties Resistant to Race 6 & Certain Other Physiologic Races of Oat Stem Rust. Canadian Jour. Research, 15: 53—69.
36. 徐治：植物抗病育種，中華農學會報第114期，1935。
37. 牛鳳美：麥類病害之識別及其防除，中華農學會報第一卷第五期，1938。
38. 吳友三：植物病害防治法，1946。

## 第十一章 植物之自花授粉

有性繁殖作物之授粉方法，可分天然自花授粉 (Naturally Self-pollination)，常異交 (Often Cross-pollination) 及天然異花授粉 (Naturally Cross-pollination) 三類。第一類作物育種時，毋須人工自交，手續簡易；第二、第三兩類作物育種時，必須人工自交，手續麻煩，凡此吾人已於第六章詳論之矣。蓋如於遺傳組織甚為複雜之作物中，欲分離純系，固定性狀，淘汰劣弱，保持優秀，必須使之自花授粉 (Selfing; Self-pollination) 或近親繁殖 (Inbreeding) 而後可。換言之，即以因子型相同或親緣極近之植株，彼此交配是也。本章所欲討論者，為人工自交之技術問題及植物自交不實之問題與夫補救方法。

### 第一節 人工自交之技術

人工自交技術之實施，目標有二：一為隔絕他花花粉，使不能發生天然雜交；一為強其自花授粉，以達自花受精之目的。茲述人工自交之方法如次：

#### 一 地區隔離法 (Space Isolation)

即將某品種分株或分區種植，其距離以避免異品種授粉為度，視作物種類、氣候環境、自然障礙等對於花粉傳播之可能性而定。此法常應用於甜菜 (Sugar Beet) 之自花授粉，其異品種相隔距離至少為二百尺左右，然有時猶不能絕對避免天然雜交。且應用隔離法，因各區相距太遠，栽培管理費工費時，殊不方便。如試驗品種甚多，欲一一隔離種植，則分佈區域過廣，往往為事實所不許。故此法除特殊情形外，育種時不常應用，惟推廣時行所謂區域政策者，常以地區隔離法避免品種間之天然雜交而保持某品種之絕對純度也。

## 二 花器籠罩法 (Enclose The Inflorescences)

即以紙袋或其他物品將某品種之花器套住，以避免他花傳粉，而保證其自花授粉，一般作物育種時，多用此法。惟應用此法時，常因作物之花器構造及開花習性而異，若花為單生者如棉花，或雖聚生成花序而花朵甚大者如蠶豆，則可以花朵為封套之單位，封套時固亦可以紙袋為之，但費時而不經濟，故多不採用。一般大抵於花瓣未展開前，用物件將花瓣夾住，即可達自交之目的。如以棉花自交為例，用作此等目的之物件甚多，如鐵製迴形針，夾時極為方便，惜頗不經濟。或用紙夾，係將長約三公分寬約二公分之馬糞紙一片，中間一縫，即以花朵夾於此縫內甚為簡便。此外復有種種膠水及陶土將花瓣黏結者，如樹膠液及國人創製之棉花孫氏自交液等。而最簡便者，則莫如線束法，取長約三寸許之綫，束於花上。不問針夾、紙夾或綫夾，掛夾之部位不宜過高或過低，若失之過高，則花瓣之上部雖不能開展，但下部仍能撐開，予蜂蝶以鑽入之機會；然亦不能過低，蓋過低若緊束時，則有傷柱頭之發育，鬆束則花瓣之上部能展開，蜂蝶仍能進入也。茲圖示棉花人工自交法如下：



線束法

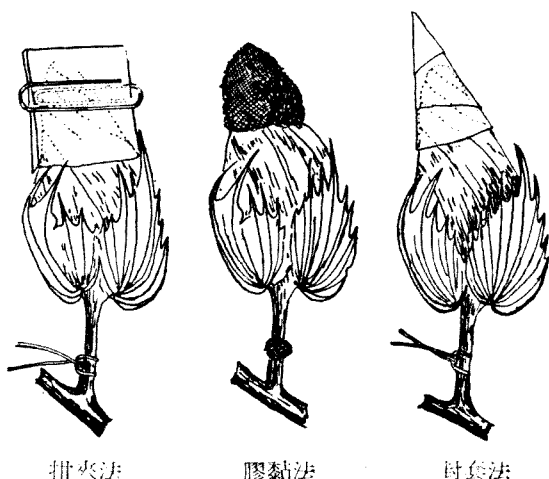


纏繞法



圈套法



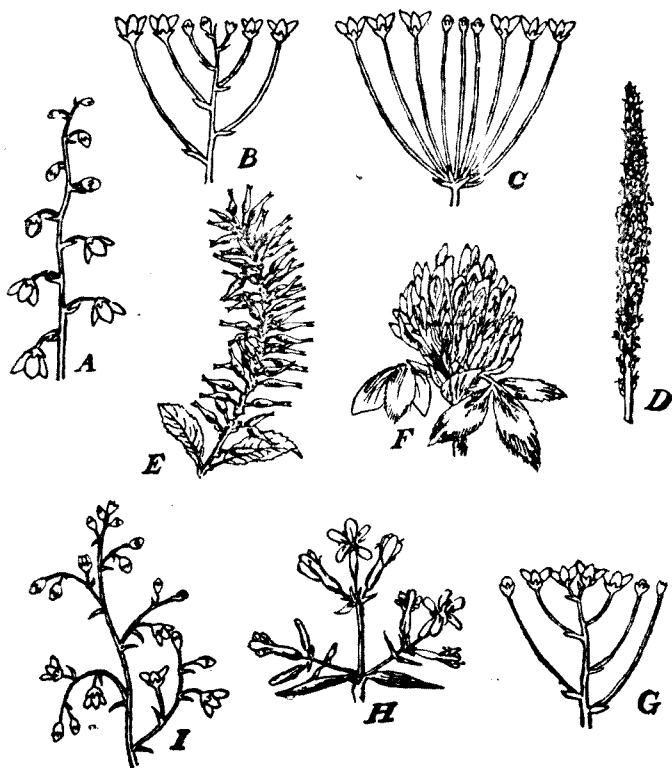


圖十八 棉花人工自交法之一斑

通常全株之花並非悉行自交，而僅自交其中一部花朵，其餘未自交之花常摘除之，而於植株上繫一布條，以爲自交之標記，此工作恆於自交時同時爲之。

若花係聚生而成花序，花朵甚小，則常以整個花序爲封套之單位。封套時自以玻璃紙袋爲最宜，蓋陽光仍可透進，不致妨礙花之發育也。然花序過大如高粱等，若用過大之玻璃紙袋，則易致破裂，故常用12磅容量之牛皮紙袋。此等玻璃紙袋或牛皮紙袋，如價值昂貴，無力購辦，可以土紙糊製，塗以桐油，亦頗堅實可用，紙袋之大小，當視花序之大小而定，較其略大而長可矣。

套袋時可將頂端之萼剪去，將穗納入袋中，上部應留孔隙，蓋穗於套袋後尚繼續伸長也，下端折成三角形，以迴形針或繩線緊扎之，而於莖稈上繫以布條等以爲自交之標記。約十日後，即可將紙袋除去，使能充份吸收陽光以助種子之發育而免霉爛。



圖十九 應以花序為人工自交單位之各種花序

- A. 總狀花序    B. 繖房花序    C. 總狀花序    D. 總狀花序  
 E. 莖莖花序    F. 頭狀花序    G. 繖房花序    H. 複聚繖房  
 花序    I. 複總狀花序

雌雄同株異花之作物自交時較為困難，蓋須同時注意雌雄花也。此類作物中，花單生者如西瓜，則可於花未開放之先，以線或橡皮圈等

扎住雌花及雄花，待雌雄花成熟時，乃將雄花之花被除去，取出粉囊，再除去雌花之柱頭，而將粉囊壓破，向雌花之柱頭上磨擦之，然後再將雌花扎緊之即可。

如王蜀黍等雌雄花俱聚生於花序者，則先將雄花穗分別封袋，通常雄花應用牛皮紙袋，雌花應用玻璃紙袋。待花粉成熟雌花可以受精時，即將花粉收集於封袋之牛皮紙袋中，而傾諸雌花花柱上，然後以此牛皮紙袋捆扎於上，以防落花授粉。



圖二十 王蜀黍人工自交封袋情形



圖二十一 王蜀黍人工自交授粉情形

亦有於雌雄花穗未成熟時，將雄花穗折下與雌花穗共套於大紙袋中，而於雌穗下部掛一水瓶，插雄蕊於內，以供給水分，使其自然展開而授粉者。

人工自交時，封套之時間不能過早亦不能過遲，過早則因套袋之影響，恐有損花部之發育，致凋萎以死；過遲則花已開放而有天然雜交之危險矣。理論上當於花朵將開未開時爲之，一般常行之於開花之前一日。若花朵單生而較大者，則此種時期之來臨，可自花瓣之色澤上察知之。蓋花瓣幼時大抵綠色，至開花時則變爲紅黃等一定之色澤，吾人如見花朵已漸變成其應有之色澤而未展放前，卽爲適宜之自交時期。

花朵甚小而聚生成花序者，其開花之習性，自上而向下者如高粱，自下而向上者如煙草，大凡有限花序，則開花之次序由上而下；無限花序則自下而上，吾人如發現花序上已有一部份花朵開放而吐出花粉者，卽爲自交之適期，惟其已開放之花，應剪去之，蓋恐有異交之嫌疑。

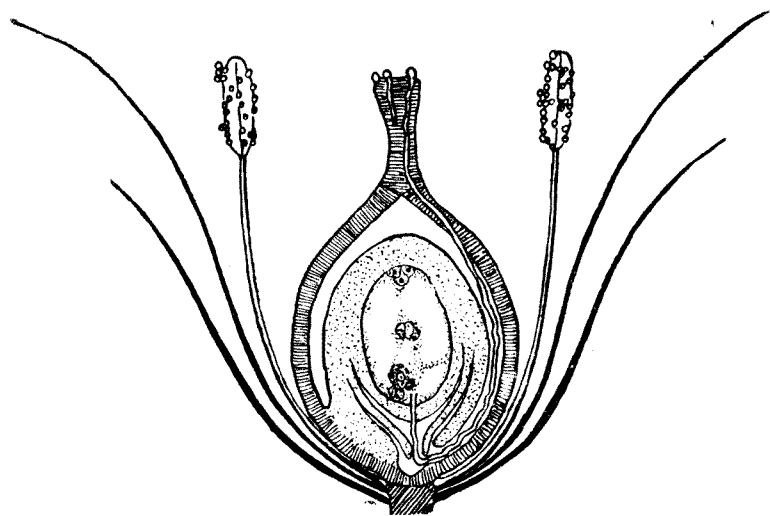
每日封套之時間亦有一定，應於花粉不活動之時期內行之。蓋花開放之時，每日恆有一定，若於花正盛開之時行自交工作，則因振動植株，難免花粉飛舞，而有釀成天然雜交之虞。是以自交應擇此等時期之外行之。此種時間因作物之種類而不同，須實際測驗者也。

## 第二節 自交不孕

### 一 自交不孕之原因

一般植物自交均易結實。然亦有若干種植物自交後，往往不能受精或產生種子。吾人名此種現象曰自花不孕 (Self-sterility) 或自花不親和 (Self-incompatibility)。卽同花、同株或同一系統之花粉，恆不能使子房受精發育而結實也。然所謂自花不孕性者，乃由於花粉、胚珠一方或雙方有缺陷或其他反常現象所致。而所謂自花不親和性者，則雌雄花器或花粉胚珠皆健全如常，惟花粉管不能伸入柱頭以達受精目的，則兩者似爲二而一，實乃一而二也，爲育種者所不可不辨。通常植物能達自花

受精之目的，應具有下列各種條件：雌雄蕊同花而長度相等一也；雌雄蕊同時成熟二也；花粉胚珠健全毫無缺陷三也；花粉落於柱頭上能立即發芽生長，花粉管穿過柱頭、花柱、子房壁由珠孔伸入胚珠，使精核與卵細胞受精，其間毫無阻礙四也。而以第四條為最重要，然許多自交不孕現象往往在第四條之初步、中途或結果發生障礙故也。茲圖示植物正常之受精情形如下，然後討論其反常現象，俾可明瞭自交不孕原因之所在。



圖二十二 種子植物花器構造及受精現象（仿Sinnott and Dunn）

上圖關於花器構造部分，由外而內，加以說明，最外兩片代表花萼（Calyx），其內二片代表花瓣（Petals），花瓣內有兩柱代表雄蕊（Stamen），上端粗大者為花粉囊（Anther），下端細長者為花絲（Filament），最中央者代表雌蕊（Pistil），其頂端曰柱頭（Stigma），有三粒花粉落在其上：一粒未發芽；一粒已發芽，而花粉管僅及花柱；一粒則花粉

管已由柱頭經花柱入子房而由珠孔到達胚珠之內，且兩個精核：一在卵細胞之旁，準備受精後發育為胚胎；一在兩個結合核（或極核）之旁，亦準備受精而發育為胚乳。卵核之旁，尚有二個助細胞，極核之上尚有二個反足細胞，亦均於圖中表示之。

夫植物之自交不孕現象極為普遍，據衣司脫氏（East 1929）考在各種文獻後，統計有156種（Species）植物為自交不結實。其中可代表55科（Families），且包括單子葉（Monocotyledon）及雙子葉（Dicotyledon）植物，由此可知植物中自交不孕之普遍矣。今吾人考察其原因，亦至為複雜，然大別為形態的、生理的及遺傳的三種，茲分述如下：

#### A. 形態的原因

若干植物自交不孕之原因，由於花器構造不適於自交所造成。雌雄異株（Dioecious）者固無法自交；但雌雄同株而異花（Monoecious）者自交亦感困難。以上兩種吾人稱為不完全花（Imperfect Flower），天然自花授粉固有困難，然則具有完全花（Perfect Flower）者，何以亦有自交不孕現象？為吾人所急欲知悉者也。其原因又可分為三種，分述如下：

##### 1. 由於雌雄蕊長度不同所造成之自交不孕性

若干種植物雖具有完全花，然因雌雄蕊之長短不同及位置之相差，致花藥與柱頭相距太遠，如無他物幫助，往往不能自花受精，此種情形之雌雄蕊長兩蕊異長（Heterostylism）或稱異型花柱（Heterostyle）。如雌蕊有長短兩種時，曰二型性（Dimorphism）；雌蕊有三種長度時曰三型性（Trimorphism）。二型性之雄蕊亦有二型，三型性之雄蕊亦有三型，此種植物，在同長之雌雄蕊間，結實率多良好；反之，則恆不能結實。

##### 2. 由於雌雄花器之退化所造成之自交不孕性

a. 雌蕊或胚珠不妊性者（Impotence of Pistils or Ovules）或稱雌性

不實 (Female Sterility)，如天津水蜜桃、美國李中，常發現雌蕊退化現象，即僅有雌蕊痕跡而已。胚囊退化者如美國李亦常見之。

- b. 雄性花器退化或花粉不妊性者 (Impotence of Stamens or Pollen Grains) 即有花粉而不能發芽，如皮氣氏 (Beach) 研究葡萄之不妊性，由於雄性方面之原因，稱曰雄性不孕性 (Male Sterility)。
- 氏分葡萄為三類：一為自花不實者，其雄蕊全數向外下垂；一為局部自花不實者，其雄蕊有半數向下垂；一為自花結實者，其雄蕊則全數直立。但除構造而外，花粉粒亦有畸形退化者。他如華盛頓檸檬、溫州蜜柑等，皆因花粉不妊性而單為結果，於是結成無核 (Seedless) 之果實。

#### B. 生理的原因

謬勒 (Muller) 氏於1868年報告：某種蘭科植物自花授粉時，花粉數日間尚不發芽，旋於柱頭上變褐色或枯黃色，枯萎而死。據氏解釋係自交後發現中毒作用所致。

凱爾納 (Kearney) 氏於棉屬 (Gossypium) 植物中發現同花之花粉落於柱頭上後，花粉雖能發芽而長成花粉管，然不能貫入柱頭。據凱氏之意，或由於柱頭分泌某種抑制物質或係花粉與柱頭細胞之滲透壓特殊所致。斯託扶脫 (Stovt) 氏亦於白菜上發現同樣情形，氏云其原因係白菜之花粉管在柱頭之乳狀突起上成為捻轉，故不得侵入。

安田 (1929) 氏觀察樟羽朝顏之自花不孕情形，謂花粉管之生長，最初尚速，愈後愈緩，終至花粉管之先端肥大，成不規則之捻曲；反之，於雜交時，則花粉生長迅速，其先端亦極尖銳。安田氏乃於樟羽朝顏之雌蕊乾燥粉中或雌蕊水浸出物之乾燥粉中，確實發現有一種特殊個體質之存在，係一種可以取出于植物個體之外之化學物質，具有使花粉管生長延遲之作用。此種物質係由子房所分泌，花蕾時期尚未發見，至開花時逐漸出現，由花柱而達柱頭。開花

最盛時，分泌亦最盛。故柿崎(1930)、依思脫(East 1928)、皮爾生(Pearson 1925)諸氏主張自花不孕性之植物，可於花蕾時授粉，受精率較高。此蓋使花粉落於柱頭上，以迄花謝之時期延長，則花粉管生長雖遲，亦可綏緩伸長以達胚珠，且該時個體質未生成，亦不致阻止花粉管之伸長也。

由上所述，自交之不孕性，由於雄性配子體(Male Gametophyte)與雌性孢子體組織(Female Sporophytic Tissue)之間發生不親和性所致。據仲爾(Sears 1930)氏研究之結果，謂植物之此種不孕性可按花粉管被阻之時期不同，分為三類如次：

- 第一類 當花粉落在柱頭上未發芽前即發生不親和性……如甘藷、蘿蔔、人竺葵及黑麥等。
- 第二類 當花粉管已生長至花柱時，發生不親和性……如矮牽牛、花苧麻、烟草花及金錢草等。
- 第三類 當花粉管達子房而被阻止者……此類植物之花粉管生長速率與親和者相同，且亦可發生受精作用，但不親和性之受精胚珠往往與未受精之胚珠同樣退化。

仲爾氏(Sears)謂第三類情形在植物中極為少見。至於因花粉管發達滯緩，待達到胚珠內，胚珠已經退化或花柱在花粉管伸長時，中途脫落，此種情形較為普遍。

生理作用之自交不孕性，除花粉管生長被阻礙或發育遲緩外，雌雄蕊成熟期不同(Dichogamy)：或為雌蕊先熟(Proterogyny)；或為雄蕊先熟(Proterandry)，亦為重要原因。

此外植物生長之環境因素如養分、土質、溫度、水分、風、昆蟲、病害、節季性、地方性、栽培方法等足以影響生理者，亦可影響自交不象孕現，為育種者所不可忽視也。

### C. 遺傳的原因

自交不親和之由於遺傳因子作用，為樸萊爾氏(Prell, 1921)所



首先提議。衣司脫(East 1929)氏以煙草為材料，更證明不孕性因子成一多數相對因子系統 (A Series of Self-sterility Alleles)，謂植物之自交不孕性由於相同之因子彼此間有抗拒性，即所謂抗拒因子學說(Oppositional-factor Hypothesis)，或曰“同類相抗”(Like Repels Like)；反之，不同因子，彼此有親和力，故此種現象與其稱自花不實性(Self-sterility)，毋寧稱自花不親和合性(Self-incompatibility)。蓋在此情形下，父母本之花器及花粉或卵細胞均有作用而無退化或反常現象故也。

衣司脫(East)氏謂烟草之不結實因子共有十五個，成一多數相對因子之系統，以 $S_1 S_2 S_3 S_4 \dots S_{15}$ 代表之。因子型相同之花粉及胚珠有抗拒性不能受精；因子不同者，可以受精，舉列如下：

(1)

$P_i \quad S_1 S_2 \times S_1 S_2$

$F_1$  因父母本之因子型相同不能結實

♀ \ ♂	$S_1$	$S_2$
$S_1$	失敗	失敗
$S_2$	失敗	失敗

(2)

$S_1 S_2 \times S_1 S_2$

$S_1 S_3$

$S_2 S_3$

結實後之因子型有二種

(3)

$S_1 S_2 \times S_3 S_4$

$S_1 S_3$

$S_1 S_4$

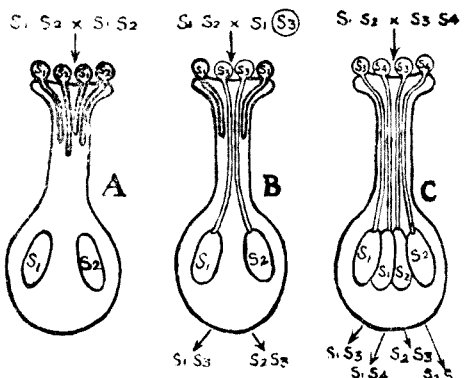
$S_2 S_3$

$S_2 S_4$

結實後之因子型有四種

茲圖示如右：

衣司脫(East)氏及耶納爾氏(Yarnell)(1929—50)又以多數相對因子解釋自花親和性及自花不親和性，謂前述之多數相對因子系統中，除 $S_x$ (即



圖二十三 花粉管在親和性及不親和性雜交時之生長情形

$S_1S_2S_3\cdots$ 等任何一種因子)外,尚有Sf因子亦在同一系統中, Sf 爲結實因子,有抑制 $S_x$ (不實因子)之作用,故不論Sf爲同質(如Sf Sf)或異質(如Sf  $S_x$ )均爲自花有親和性。故

P <sub>1</sub>	Sf S <sub>1</sub>	×	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>
F <sub>1</sub>	♀ ♂		
	Sf	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
	Sf	Sf S <sub>1</sub>	Sf S <sub>2</sub>
	S <sub>1</sub>	失敗	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>

備S<sub>1</sub>S<sub>1</sub>無親和性

P <sub>1</sub>	Sf S <sub>1</sub>	×	S <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
F <sub>1</sub>	♀ ♂		
	Sf	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	Sf	Sf S <sub>2</sub>	Sf S <sub>3</sub>
	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>3</sub>

均有親和性

Kakizaki氏(1930)謂甘藍(*Brassica oleracea capitata*)有兩個多數相對因子系統:一爲S系統(S-series)即 $S_1, S_2, \dots, S_x$ 等阻止花粉管伸長之因子(Inhibiting Factor),另一組爲T系統(T-series)即 $T_1, T_2, \dots, T_x$ 能刺激花粉管之伸長(Stimulating Factor)。兩個TT之作用大於一個S;若單個存在時,則一個S之作用大於一個T之作用。

黎萊氏(Riley)在*Capsella grandiflora*中發見三組之種內不實(Intra-sterile)及種間結實(Inter-fertile)者;以A、C及B,分別代表此三組,A組與C組相交,產生A及C或A、B及C等組,惟不能產生A及B;若A組與B組雜交,產生A及B,或A、B及C或A及C各組;若B組與C組雜交,可產生B及C組,或僅爲C組,但決不能產生A組。反交後亦得同樣之結果。

當以*C. grandiflora*之單株與三個自交結實種之任何一種*Capsella*雜交,F<sub>1</sub>爲完全結實,且爲完全自交親和性。第二代(F<sub>2</sub>)自交結實及自交不親和性有分離現象。下表爲三組自交不親和性之種間及種內交配之結果,而以遺傳學原理解釋之:

A組	因子型	A組		C組			B組
		Tt S <sup>c</sup> S <sup>c</sup>	Tt S <sup>c</sup> s	Tt ss	tt S <sup>c</sup> S <sup>c</sup>	tt S <sup>c</sup> s	tt ss
	Tt S <sup>c</sup> S <sup>c</sup>	S	S	S	F	F	F
	Tt S <sup>c</sup> s	S	S	S	F	F	F
C組	Tt ss	S	S	S	F	F	F
	tt S <sup>c</sup> S <sup>c</sup>	F	F	F	S	S	F
	tt S <sup>c</sup> s	F	F	F	S	S	F
B組	tt ss <sup>c</sup>	F	F	F	F	F	S

表三十二 三組自交不和合性之 *C. grandiflora* 彼此間雜交後受精之情形

表內S代表不結實，F代表結實，A、B、C代表三組自交不和合性之品種。因子T對於因子S<sup>c</sup>有抑制作用，即S<sup>c</sup>及s為T之被抑制因子，惟自交結實因子S<sub>f</sub>能阻止T之作用，並對S<sup>c</sup>及s為顯性。

上表結果，乃根據視本之孢子體性質 (Sporophytic Nature) 解釋之。A組內之各品種彼此交配而無親合性者(即均為S)，由於各品種具有顯性因子T，此T因子對S<sup>c</sup>有阻止作用 (T is Epistatic to S<sup>c</sup>)。但植株之含有同質隱性因子(即tt)者，與A組中之任何品種反交，均可結實。T因子決不能變成同質狀態，因植株之含T因子者，僅能與具有同質隱性之tt因子型者，可以交配受精也。

前二對因子S<sup>c</sup> s乃分別代表C組及B組之不同因子，C組之含有此對因子者或為同質型如S<sup>c</sup> S<sup>c</sup>或為異質型如S<sup>c</sup> s，但B組則必含有同質隱性之ss因子型。

自交親和性因子S<sub>f</sub>為S系統(S-series)中之一個因子，且對S<sup>c</sup>或s為顯性。而同時T有抑止作用(Epistatic to T)。S<sup>c</sup>及s為T之被抑

制因子 (Hypostatic to T)。

格拉勃 (Gruber) 及克爾 (Kuehl) 二氏於1936年曾發現金魚草自花不孕性之因子與花式有連繫關係。設  $s$  爲自花不孕因子，對自花結實之因子  $S$  爲隱性； $r$  爲放射狀花之因子，對非放射狀花之因子  $R$  爲隱性，此自花不孕因子與  $R$  因子有密切之連繫關係。設以放射狀花之金魚草 ( $\frac{rS}{rS}$ ) 與自花不孕之金魚草 ( $\frac{Rs}{Rs}$ ) 雜交，於  $F_2$  個體中，氏等發現非放射狀花可孕者均爲異質。蓋如與放射狀花交配，則分離爲非放射狀與放射狀二種，成二與一之比。觀夫下式，當可瞭然也：

$$P_1 \quad \frac{Rs}{Rs} \times \frac{rS}{rS}$$

非放射狀 放射狀

(自花不孕)

$$F_1 \quad \frac{Rs}{rS} \text{ 非放射狀}$$

$$F_2 \quad \frac{Rs}{Rs} \text{ (不孕)} \quad \frac{Rs}{rS} \text{ (非放射花)} \quad \frac{rS}{rS} \text{ (放射狀花)}$$

克蘭 (Crane) 及羅蘭 (Lawrence) 諸氏曾謂自交不親和性常發生於許多重要之經濟作物中，如果樹、多年生草本、黑麥、甜菜、若干種苜蓿花、苜蓿、甜菜、若干種白菜屬植物以及多種觀賞植物等，其自交不親和性皆可以  $S$  因子之遺傳解釋之。

### 第三節 自交不孕之補救

#### 一 毛筆自交

若爲形態的原因自花不孕者，則補救之法，最爲簡單，即於開花時，以人工用毛筆助其授粉，即所謂毛筆自交法，此法多於十字花科植物之人工自交時用之。其法乃視花序中有少數花開放之時，用碟子輕輕將花序上部及下部之花摘去，僅留其中部者，並疎去其較密之花，留10—

15朵，套以玻璃紙袋。一二日後，袋中花已盛開，乃將紙袋打開，以潔淨之毛筆蘸同一花序或同株異花序之花粉，拂於雌蕊之柱頭上，複行套袋，工作即告完成。

用此法以自交者，雖屬簡便，然結實率不高。每次自交後，所用毛筆，務須以50%之酒精洗滌，以防花粉之沾雜。

## 二 蒼蠅自交

爲補救上法之缺點，美國加州大學教授瓊斯（Jones）氏創蒼蠅自交之法，結果圓滿，頗可採用。法於套袋一二日後，見袋內已有多數花開放，乃捕捉蒼蠅納入袋內，緊扎袋口，袋上須用針多穿小孔以通空氣。蠅數不可過多，多則易傷花簇；亦不可過少，過少則難致效，而以七八個爲宜。

此法效果遠較毛筆自交法爲佳，惟蒼蠅臨時捕捉不易，且成蟲足上有時附着花粉，有雜交危險。故可先期收集虫蛹或蛆，套袋時即可將蛆或蛹放入袋中，將來花開時，蛆或蛹即可變爲蒼蠅而傳佈矣。惟須注意開花之時期與變蒼蠅之時期配合一致也。

此外，復有利用蜜蜂及蝴蝶自交者，惟蜜蜂性情急躁，裝入袋內後不一小時，即失其活動力，且能螫人，捕捉亦不易。蝴蝶生命較長，在袋內可維持生活三四天，但往往靜止不動，不易達授粉目的。而雌蝶產卵時對於植物有害，故不若蒼蠅爲佳。

## 三 花蕾自交

生理的自交不孕者，則可行花蕾自交，即於花蕾時人工授粉，其理由前已述之。此法自依思脫與派克（Park）二氏謂烟草於開花前24至48小時授粉，可以自花結實，於是花蕾授粉法遂大爲育種家所採用，不僅結實率高，種子產量亦多。皮爾生氏以白菜行花蕾自交之結果，曾謂能較開花時自交結實率高37.6%，平均每莢種子多10.7粒。茲以白菜爲例，說明此種自交之法：白菜之花蕾甚小，雌蕊早熟，開花前二三日柱頭即分泌黏液而能接受花粉，尤以開花前二日爲佳。此時花蕾長約五公厘

，授粉即可能此時爲之。選取合於此標準之花蕾，以鑷子輕輕撥開花瓣，露出柱頭，然後取同株上純淨成熟之花粉，授之柱頭上。此種花粉乃於開放前二三日預爲套袋準備者。最後，可以擴大鏡檢查是否授粉確實，手續乃告完畢，即行套袋可矣。

#### 四 花柱接換法

日人安田直雄氏曾以茄科植物爲材料，行花柱接換法，以助成自花不孕植物之自交。其法係於開花前三日左右，將供試植物花柱之基部，以銳利之刀成直角切之，與之接合之花柱亦同。然後由子房上之切口接合之，並以擴大鏡仔細檢查其是否確實接合。最後以膠固着之，塗膠時愈少愈佳，使一部份入於接口；一部份則固着於花柱之周圍。花柱過長時，易於脫離，可以細鐵絲作支柱，惟支柱不可固定，蓋接合後花柱仍須生長也。最好以蜘蛛之絲代之。接換既畢，爲避免急激乾燥起見，最好以玻璃鐘覆之，而置之溫空中。用此法活着之百分率甚高，能與正常者同樣生長。然後以自花之花粉授粉，便可結實。此法手續麻煩，然凡自交之極難成功者，頗可以此法試之也。

### 第四節 自交後代之計算

自交之目的在乎分離純系。換言之，自交之目的在增加同質因子型之個體而減少異質型之個體也。然自交究需若干代始能達此目的乎？此爲吾人於着手自交之前，必須胸有成竹者。本節即欲解答此一疑問，茲舉例說明如下：

#### 一 單異質因子型個體自交後代之計算

自交 (Selfing) 代數之多寡，常因某育種性狀所具異質因子對數之多少而異，如異質因子之對數愈多，則自交之代數宜多，方可增加同質因子型之個體以達理想之數量；反之異質因子之對數愈少，則自交之代數亦少，即可獲得多量之同質因子型個體。今先以單對因子之個體爲例說明之，然後可以應用公式以計算因子對數較多者。

設有一對異質因子之個體，自交十代之後，其結果可按下表推算之

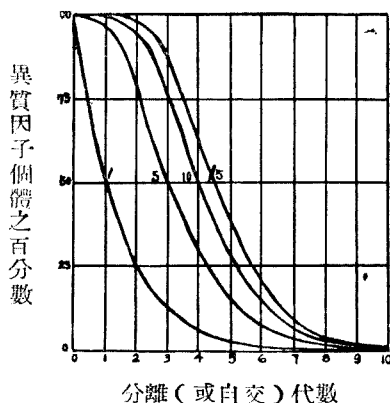
自交代數 ( $r$ )	因子型種類及比率	異質因子型 %	同質因子型 %
未自交時	A a	100	0
1	$\begin{array}{ccc} \text{AA} & & \text{Aa} & & \text{aa} \\ 1 & : & 2 & : & 1 \\ \text{或} & & 4 & & 2 \\ \downarrow & &   & & \downarrow \\ 2 & & \downarrow & & 2 \\ \hline 1 & & 2 & & 1 \end{array}$	$\frac{2}{4} = \frac{1}{2} = 50\%$	50%
2	$\begin{array}{ccc} 3 & & 2 & & 3 \\ \text{或} & & 4 & & 6 \\ \downarrow & &   & & \downarrow \\ 6 & & \downarrow & & 6 \\ \hline 1 & & 2 & & 1 \end{array}$	$\frac{2}{8} = \frac{1}{4} = 25\%$	75%
3	$\begin{array}{ccc} 7 & & 2 & & 7 \\ \text{或} & & 4 & & 14 \\ \downarrow & &   & & \downarrow \\ 14 & & \downarrow & & 14 \\ \hline 1 & & 2 & & 1 \end{array}$	$\frac{2}{16} = \frac{1}{8} = 12.5\%$	87.5%
4	15      2      15	$\frac{2}{32} = \frac{1}{16} = 6.25\%$	93.75%
5	31      2      31	$\frac{1}{32} = 3.125\%$	96.87%
6	63      2      63	$\frac{1}{64} = 1.5625\%$	98.44%
7	127      2      127	$\frac{1}{128} = .7812\%$	99.22%
8	255      2      255	$\frac{1}{256} = .3906\%$	99.61%
9	511      2      511	$\frac{1}{512} = .1956\%$	99.81%

10	1023	2	1023	$\frac{1}{1024} = .0076\%$	99.91%
各個比率數之公式 (r)	$2^r - 1, 2, 2^r - 1$		$\frac{1}{2^r}$	$\frac{2^r - 1}{2^r}$	
以總數為基礎之比率數公式	$\frac{2^r - 1}{2^{r+1}}$	$\frac{2}{2^{r+1}}$	$\frac{2^r - 1}{2^{r+1}}$		

由此可知一個異質因子型之個體經一代自交後，同質型者即與異質型者各佔一半；自交二代後，異質型者降至25%，同質型者增至75%，自交四代後，異質者僅6.25%，同質者已增至93.75%；迨自交十代，幾全為同質因子型之個體矣。上表為基本計算法，但實際計算時毋須如此麻煩，僅可應用最後兩行公式即可算出。此種計算法必須有一條件，即AA, Aa, aa各因子型間之生產力須完全相等。

二 二對以上異質因子型之個體自交後代之計算

因子對數愈多則自交一代後異質因子型減少之程度及同質因子型增加之程度較為緩和。換言之，欲後代均為同質因子型，則自交之代數宜多。茲圖示一對、五對、十對、十五對異質因子型個體，經同樣自交代數後，異質因子型個體減少之程度比較如右：



圖二十四 異質因子之對數不同之個體自交後各代異質因子型個體減少之程度 (仿Jones)



上圖表示異質因子之對數愈多，欲分離純系，則所需自交之代数亦愈多，且每代自交後，異質因子型減少之程度亦愈緩。

上圖之曲線，可由兩種公式計算後繪出之：

(A) 應用 Jones 之公式計算自交後代之結果

設有三對異質因子型之個體，經五代自交後，試問同質因子型及異質因子型個體各佔若干？又同質因子及異質因子之對數各佔若干？並寫明其因子型種類。

$$\text{Jones Formula} \dots \dots (1 + (2^r - 1))^n$$

式內  $r$  代表分離代数（即人工自交代數）， $n$  代表異質因子之對數。

按代数二項式 (Binomials)

$$(x + a)^n = x^n + nax^{n-1} + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2} a^2 x^{n-2} + \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} a^3 x^{n-3} + \dots + a^n$$

$$\text{設 } n=2, \text{ 則 } (a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

$$n=3 \quad (a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$$

$$n=4 \quad (a + b)^4 = a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$$

$$n=5 \quad (a + b)^5 = a^5 + 5a^4b + 10a^3b^2 + 10a^2b^3 + 5ab^4 + b^5$$

$$n=6 \quad (a + b)^6 = a^6 + 6a^5b + 15a^4b^2 + 20a^3b^3 + 15a^2b^4 + 6ab^5 + b^6$$

今本例  $r=5$  代， $n=3$  對。可採用第二式推演如下：

$$(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$$

$$(1 + (2^{\frac{5}{2}} - 1))^3 = 1^3 + 3(1)^2 \cdot 31 + 3(1)(31)^2 + 31^3$$

$$= 1 + 93 + 2883 + 29791$$

$$(a^3) \quad (a^2b) \quad (ab^2) \quad (b^3)$$

a 代表異質因子，其指數代表異質因子之對數，其係數即為株數。

b 代表同質因子，其指數代表同質因子之對數，其係數即為株數。

故  $a^3$  即三對均為異質因子之個體，僅有 1 株

$a^2b$  即二對為異質，一對為同質，共有 93 株

$ab^2$  即一對為異質，二對為同質，共有 2883 株

$b^3$  即三對均為同質因子者，共有 29791 株……佔全數 90.91%

總計 52,68

100%

由此可知三對異質因子之個體經五代人工自交後，同質因子型之個體逐年增加（即已經分離之純系），達 90.91%；如再繼續自交一二年，可達 100%。異質因子型之個體僅佔 9.09%，數目大為減少，故人工自交，實為分離純系之唯一妙法，茲將各因子型寫明如下：

因子型種類：（AaBbCc 自交後，其後代共有  $3 \times 3 \times 3 = 27$  種現象型）

三對均為同質者    一對異質二對同質者    一對同質    三對均為異質者

AABBCC	AaBBCC	AABBCc	二對異質者	AaBbCc
AABBcc	AaBBcc	AAbbCc	AABbCc	(僅有一株)
AAbbCC	AabbCC	aaBBcC	aaBbCc	
aaBBCC	Aabbcc	aabbCc	AaBBcC	
Aabbcc	AABbCC		AabbCc	
aaBBcc	AABbcc		AaBbCC	
aabbCC	aaBbCC	共計 12 種	AaBbcc	
aabbcc	aaBbcc	(共有 2883 株)	六種 (共計 93 株)	

共有八種

共計 29791 株

佔 90.91%

三類實均為異質共佔 2977 株 9.09%

若不按個體（即全部因子型）僅就各對因子之同質、異質而計算，則結果如下：

因子型種類	各類因子型之個數	同質因子之對數	異質因子之對數
三對均為同質者	23791	$23791 \times 3 = 89373$	0
一對異質二對同質者	2883	$2883 \times 2 = 5766$	2883
一對同質二對異質者	93	93	$93 \times 2 = 186$
三對均為異質者	1	0	$1 \times 3 = 3$
總計	32768	95252	3072
%	98304 = 100%	96.875%	3.125%
	因子總對數	同質因子(%)	異質因子(%)

如此則同質因子對數之百分率更高，達96.875%；異質者更少，僅3.125%。

(B) 應用 Jinning's 公式  $(\frac{2^r - 1}{2^r})^n$  計算自交後代之結果：

$r$  = 自交代數，  $n$  = 異質因子之對數 (同 Jones)

計算上例： $r=5$ ，  $n=3$  代入公式：

$$\left(\frac{2^r - 1}{2^r}\right)^n = \left(\frac{2^5 - 1}{2^5}\right)^3 = \left(\frac{31}{32}\right)^3 = \frac{31^3}{32^3} = \frac{29791}{32768} = 90.91\%$$

由此可知三對異質因子型之個體經五代自交後，同質因子型之個體佔總數之90.91%，異質因子型之個體佔  $100 - 90.91 = 9.09\%$ ，結果與 Jones 公式所計算之結果完全相同，但計算時簡便多矣。惟因子型種類間及因子對數所佔百分率則不得而知也。

育種時應用上述兩種公式，測知經若干代自交後之同質、異質個體百分數必需下列各種條件：

1. 各對因子必須為獨立遺傳……蓋獨立遺傳時，各種因子型在因子自由選配之原則下，其所顯現之機會均等而無所牽制。如兩因子或數因子為連繫時，則應用上述公式將影響具有同質因子

之個體百分數，但與同質因子對數之期望數無關，蓋連鎖遺傳時，交叉數目總比自由選配數目少，故親代結合百分數常多於新結合百分數。

2. 不同因子（不論異質或同質）型個體間之生產能力必須相同……  
就一般情形而言，異質因子型常較同質因子型之個體為健全，天然選擇常有利於異質因子型之個體，故實際異質因子型減退之百分數，不如公式計算數字之速。

### 第五節 自交之影響

大凡天然雜交率較高之植物或自交無親和性之植物，若以人工方法勉強使之自交，則違反天然趨勢與遺傳原理，必為生長衰弱。然其影響之有無及大小，亦因作物種類及品種而異，亦無一定標準，故育種者於人工自交之後，尚須研究自交後之影響如何，此吾人於第六章及第七章已討論之。吾人證明棉花自交後無影響，而玉蜀黍自交後則影響甚大，即生長衰弱、產量銳減是也。然自交為分離純系之必要手續，殊不可因噎而廢食。若夫自交而無影響，則純系分離後，以比較試驗證明其確為優良者，即可推廣；若自交而有影響，則純系分離後，尚須繼以雜交，俾可恢復其生長健全。茲將各學者關於作物自交影響之研究，略舉數例如下，以資借鏡：

依司脫（East）與瓊斯（Jones）1919 兩氏曾將過去所得近親繁殖對於其後代之影響及雜交後之優越性編成詳細摘要，並將各種結果加以合理的解釋，兩氏之著作（即本章參考文獻 6）包括不少育種家所應知之材料。

海斯（Hayes）氏謂玉蜀黍行自交後，對於其後代之影響，實較其他異交作物為多。雖然若干人工自交系之生長，亦頗優良，但就一般情形而言，近親繁殖系之生長優越性不若農家品種之旺盛，近親繁殖系之抗病力，例如甜玉蜀黍之萎縮病（Bacteria Wilt）及黑粉病（Smut）等，

亦如抵抗不良環境之有顯著差異。但玉蜀黍自交後，最顯著之影響即為生長勢之銳減及同質隱性性狀之出現。

納爾遜 (Heribert Nilsson 1916, 1919, 1921) 氏曾在一百株黑麥中發現一二單株為自交結實及若干近親繁殖系之產量與原種不相上下，即隱性反常性狀 (Recessive Abnormalities) 亦較玉蜀黍所發現者為少。Brewbaker (1926) 氏雖在米尼蘇達農場試驗時，從未發現黑麥之近親繁殖系，其產量可與原種相比擬者，但彼仍深信黑麥自交及選種為黑麥育種之重要方法云。

哈密登 (Hamilton, 1926) 氏在向日葵之多數自交系中，發現生長勢之降低情形。氏謂“一部分向日葵自交系，待純度已達極點後，決不再降低其生長勢，故與玉蜀黍之情形不同。且試驗地內之稈高、葉盛及豐產之若干行，即為經過五代自交之近親繁殖系。

美國康乃爾大學首先應用自交及選種法改良鉄芒草 (Timothy) 並已獲得優良之自交系。克勒格 (Clarke, 1927) 氏在美國米尼蘇達研究鉄芒草之育種，認為自交結實之品種確以人工自交及選種為改良鉄芒草之良法，且由此不難獲得生長健全之自交系。但范爾氏 (Vaile, 1931) 在芬蘭 (Finland) 研究，謂鉄芒草經人工自交及選種後，因自交結實率及自交活着率 (Selfvital) 太低，故不能以近親繁殖為改良鉄芒草之良法。

克格 (Kirk, 1932) 謂“經人工自交後，生長勢之降減極為顯著；但在掃帚草 (Bromegrass, *Bromus inermis*)，經四年自交已獲得生長旺盛不分枝之自交系。大多數之多年生牧草作物，自交不實之百分率甚高，故是否可以近親繁殖為牧草育種之方法尚成問題。

在若干天然異交之蔬菜作物中，經自交及選種後，即可選得生長健全之近親繁殖系。婆許納氏 (Bushnell, 1922) 研究南瓜 (Squashes) 育種時，發現已經四代自交之單系，其生長情形與未自交者相同。哈勃 (Haber, 192) 氏將食用之皇后南瓜 (Table Queen Squash) 自交四代後，選得六個近親繁殖系，其平均產量反較未經自交者為高。凱門 (Cum-

ings) 及金根 (Jenkins) 二氏1928將南瓜自交至十代之久，而未見其生長勢之減退。Porter (1933) 及Rosa 二氏研究西瓜自交之影響，亦得同樣之結果。波爾氏 (C. F. Pool) 謂經過七年自交之西瓜品種 “Northern Sweet Watermelon” 與未經自交之原種比較，西瓜之大小並未減少。魏斯氏 (Jones) 于1915年即主張用近親繁殖法改良園藝作物。

### 討 論 問 題

1. 作物育種時，欲使植物自交授粉，其目的何在？
2. 地區隔離法及花器籠罩法各適於何種作物，試舉例說明之。
3. 試述棉花人工自交之各種方法。
4. 試述玉蜀黍人工自交之方法。
5. 自交不孕性 (Self-sterility) 與自花不親和性 (Self-incompatibility) 有何區別？
6. 何謂雜性株 (Polygamous) ？
7. 試述植物自交不孕之形態的原因。
8. 試述植物自交不孕之生理原因。
9. 試以抗拒因子說 (Opposite Factor Hypothesis) 解釋白菜屬之自交不親和性。
10. 何謂花芽自交法 (Bud Pollination) ？其目的何在？
11. 設有四對異質因子之個體，自交五代後，各代之異質因子型及同質因子型之個體，各佔若干？試以Jinning氏公式計算之。
12. 試解釋Jones及Jinning 二氏公式之來源。

### 參 考 文 獻

1. Brink, R. A. and Cooper, D. C. 1939. Somatoplastic Sterility in *Medicago sativa*, *Science*, 90: 545—546.
2. Crane, J. H. and Lawrence, W. J. C. *Genetics of Garden*

- Plant 1938.
3. East, E. M. 1929, Self-sterility Biology *Genetics* 5: 331—370.
  4. East, E. M. 1934, The Reaction of The Stigmatic Tissue against Pollen Tube Growth in Self-sterile Plants. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 20: 364—364.
  5. East, E. M. 1935, Genetic Reaction in Nicotiana Incompatibility *Genetics* 20: 403—413.
  6. East, E. M. and Jones, 1919. *Inbreeding and Outbreeding.* J. B. Lippincott Company, Philadelphia.
  7. Hayes, H. K. and Immer, F. R. 1942 *Methods of Plant Breeding.*
  8. Riley, H. P. 1931, A Further Test Showing The Dominance of Self-fertility to Self-sterility in Shephard's Pruse. *Am Naturalist* 63: 60—64.
  9. Riley, H. P. 1936, The Genetics and Physiology of Self-sterility in The Genus *Capsella.* *Genetics* 22: 24—39.

## 第十二章 植物異花授粉

前章所討論者為近親繁殖 (Inbreeding)，其目的在分離純系，固定性狀，以便育種者於純系之中，比較優劣。然近親繁殖之結果，或則認為優良之純系却有美中不足之遺憾；或則受自交之影響，生長衰退，育種尚未完成其盡善盡美之任務，故本章討論遠親繁殖 (Outbreeding) 以補救之。蓋吾人應用異花授粉 (Cross-pollination) 或雜交 (Hybridization) 方法，可以連合各純系之優點一也；可造成雜交勢，以恢復生長健全二也。雖此項工作必須進行於近親繁殖之後，然重要則尚過之，近世以來，作物育種成績之突飛猛進，端賴植物之異花授粉，今後趨勢，更將偏重於雜交育種矣。惟植物之異花授粉，有天然的，人工的兩種，前者為植物繁榮其種族時之自然現象，但結果因全憑機遇，毫無目的，優劣相交，品種混雜，固能因此產生許多變異，然對於育種之立場言之，不特無益，反多麻煩；後者為有目的之雜交，需要特殊之技術，如謹慎將事，則事半功倍，否則亦必勞而無功，不可不注意也。

### 第一節 人工雜交之技術

#### 一 人工雜交之注意事項

人工雜交之技術，常因作物之種類及環境情形而異，而花器構造，尤須特別注意。海斯氏 (Hayes) 及格勃氏 (Garbutt) 曾提出人工雜交之注意事項如次：

1. 在實施交配之前，須詳細研究花器構造。
2. 選定容易結實並能產生大種子之若干花實行交配手術。
3. 研究開花習性，雌蕊接受花粉之時間及花部保持有效之能力。



4. 雜交用具之選擇及應用。

5. 避免花器任何部分之損傷，非必要時，不可除去花瓣及顯殼。

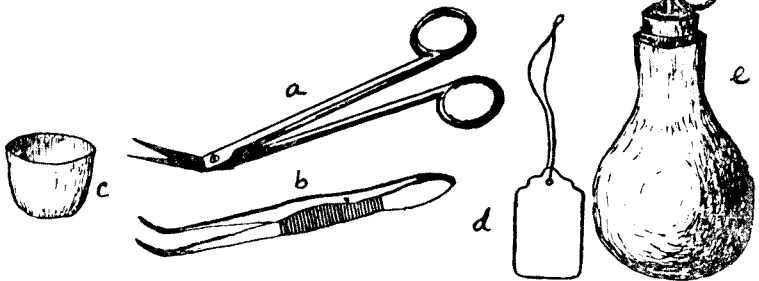
6. 與其疏忽從事，多做雜交。毋寧謹慎將事，減少雜交數目。

由此言之，吾人於舉行人工雜交之前，對於所交配植物花器之構造，應先詳為研究，花被之構造如何？雌雄蕊之形態及數目如何？固應熟知，而一株上何部之花，生長力最強而容易結實，尤關重要，育種者不能不事先知之。例如小麥穗之中部，每小穗兩旁之花最為強健，種子亦稍大；棉花之中部果枝，近主莖之花亦較上下部或枝端之花為強健，且結鈴亦較大。故舉行雜交時，在小麥應剪去上下兩部之小穗，取穗中部兩外旁之花以交配；在棉花則取中部近於主莖之第一朵花為之。花部構造熟悉之後，即應知在一日之中，何時花粉最為活動，而易於採集；柱頭接受花粉之時間最適在何時，時間究有多長以及花粉之生活力究可保存若干時間，俾花粉及柱頭二者能配合而受精，通常此等時間因作物之種類而異，且受環境之影響頗大。

## 二 雜交用具

雜交之用具，普通應用者為尖銳之小剪(Scissors)

一把，攝子(Forceps)一把，解剖針(Dissecting Needle)一或二枝，擴大鏡(Hand Lens)一個，小磁碟一個，酒精一瓶，鉛筆一枝，小紙牌(String Tags)紙袋及若干因作物種類不同而特需之用具。



- a. 剪刀  
 b. 鑷子  
 c. 花粉杯  
 d. 小紙牌  
 e. 花粉噴射器（上端爲注射針，下端爲橡皮球，中間爲彎曲之玻管。）

圖二十五 雜交用具之一部分

### 三 雜交方法

雜交方法，雖隨各種作物花部構造之不同而大有差異，惟下列各種步驟，則爲各種作物所通用者：

#### A- 去勢 (Emasculation)

在花粉尚未成熟前，將母本之雄蕊取去，以防止自花授粉，謂之去勢。去勢之前，應用小剪將不必要之花剪去，而僅留可供交配者，例如小麥據上文所言，僅中部小穗及小穗花兩旁者生長力最強，故宜剪去其餘小穗及花，僅留中部十小穗二十花可矣。其妨礙工作之枝葉，亦宜酌去一部份。

去勢時可以解剖針、剪刀或手指撥開，剪開或壓開花被，但勿使花被剝落。次用針或鑷子輕輕挑出或鉗去雄蕊之花粉囊，此時手續宜輕細，注意勿傷及雌蕊，並勿使花粉囊破裂。然後以擴大鏡檢查花粉囊是否完全除去，及有無殘破之花粉遺留花中。如不慎傷及雌蕊或花粉囊已破裂，殘留無法去淨者，則寧可將此花犧牲之。去勢時並應按次序爲之，由上而下，或由下而上，以免遺忘。每穗或每株之基部，應留一二花不去勢，以保存母系種子。做畢一株或一穗，須將雜交用具放入酒精中洗淨，以防花粉之傳佈。去勢完畢，套一玻璃紙袋，一如自交時所行者然。最後於紙袋下繫一小紙牌於桿上，註明交配號數、母本之名稱、去勢日期及工作者之姓名。書寫時應以鉛筆爲之，若用鋼筆，遇雨便浸化不明矣。小紙牌亦最好油以桐油，否則易受風雨浸打而破裂。

去勢時間一如自交，應於花粉將熟未熟時爲之，且宜於花粉不活動時內爲之。通常花粉囊成熟時帶鮮明之黃色，故花粉囊爲綠色

，而開始變黃色時，爲去勢之最適期。必要時寧可失之早而不可失之遲。

至雌雄異花或異株之作物如玉蜀黍、大麻等，雌雄花器既不在同一花中，故不必去勢。但將雌雄花分別套袋可矣。此種作物人工雜交之方法，可謂十分容易，所有一切手續，均同人工自花授粉，所不同者，即以自己之花粉，易以所欲交配之異花花粉而已。

雌雄同花之作物，則人工雜交實最麻煩之工作，尤以花器甚小之作物，如大豆、小米、高粱等爲甚。故有集團去勢法（**Bulk Method for Emasculation**）之發明。利用高溫或低溫處理母穗，將母穗之花粉全部殺死，而不損及雌蕊，然後與父穗扎縛一起，套以紙袋，或直接授以父穗之花粉，即可達人工雜交之目的。茲舉例說明如下：

1. 高溫法：此法最先爲史丹特德（**Stadler**）氏1933年發明而用之於高粱去勢。係用一能裝三磅咖啡之鉛罐，在一面而剪一能容高粱穗之圓洞，按洞之大小製一十英寸長之鉛皮圓筒作爲內管，然後將咖啡筒內裝以溫度適宜之熱水，再將高粱穗納入管中，經過一定時間，即可將花粉殺死。此種處理最好在開花前二日爲之。據史蒂芬（**Stephens, J. C.**）及奎因萊（**Quinly, J. R.**）1933二氏報告：熱水溫度在 $43^{\circ}\text{C}$ 以上者，高粱雌雄蕊全部殺死，無受精之可能；若以 $48^{\circ}\text{C}$ 之水處理十分鐘，再降至 $44^{\circ}\text{C}$ ，則50%能結實；若以 $44^{\circ}\text{C}$ 之水處理十分鐘，再降至 $42^{\circ}\text{C}$ ，則有90%能實實云。總之，此法之需研究者，爲水之溫度及處理之時間，使花粉能全部殺死，而不損及雌蕊。喬森氏（**Jodon, 1938**）曾用熱水去雄法，將稻穗浸入 $40^{\circ}$ — $44^{\circ}\text{C}$ 熱水中經10—12分鐘，惟結果不甚圓滿，其他作物亦有嘗試之者。
2. 低溫法：此法係1937沈殺生（**Suneson, C. A.**）氏所發明，氏以冬小麥及春小麥爲材料，於晚秋播種於溫室內，將日照時間用電

燈光延長，使同於六月之日照，次年二月即出穗開花，當開花之際利用人工低溫法或將黍株置於室外，使溫度保持  $27^{\circ}-36^{\circ}\text{F}$  經 15 至 24 小時再置入溫室內，則花粉即被殺死而不傷及雌蕊，其成功率為 85%，而用普通方法則為 72%，雖低於此法，然簡便殊多也。惟各品種對於低溫之忍受程度不同，應加注意。

3. 暗室處理法：日人明峯及野口兩氏曾述及稻花開放與光線之關係，加茂帶氏 (1947) 在稻作試驗過程中，偶將試驗稻株移入暗室，發現稻花有即時開放之現象，始知光線變遷，能刺激稻花之開放。嗣經數年之悉心研究，發明水稻雜交新法，即暗室處理法。其法係將母本個別盆栽或植於田間；至孕穗而未抽穗前，連土整株掘起，移植於鉢內，以備雜交。舉行之前日，先選擇已抽穗之植株，而預測其翌日能開花者，以供應用。翌晨於稻花正常開放時刻前約 2--3 小時，即將該鉢移入黑暗交配室，惟此室毋需完全黑暗，通常可開一小窗藉通光線而利工作，當鉢移入暗室後數分鐘，稻花即行開放，花絲伸長，花藥吐出穎外，與正常開花狀態無異，惟此時絨尚未破，花粉猶存。吾人隨即以尖銳之鑷，輕鑷花絲而移去花藥，但不稍觸及之，故花粉絕無飛散之虞。蓋稻花未達正常開放時刻，藥之破裂不易也。去雄完畢後，將未開諸花，悉數剪除之，以免將來開放時與已去雄諸花相混雜，繼則套以蠟紙袋，以待授粉。
4. 紙袋遮蓋法：臘梅 (Ramiah 1929) 氏有鑒於水稻剪穎法易致花器損傷，而雜交種亦不飽滿，乃創黑色紙袋遮蓋法。於水稻將開花而未開以前，以黑紙罩住全穗，即可促其開花露藥，於花粉囊未破裂前用鑷摘去雄蕊。其原則，實與上述暗室處理法相同。惟此法因在陽光下處理，花藥易破而招致自花授粉，未能從容行事，為其缺點。

## B. 授粉 (Pollination)

收集父本之花粉而塗抹於已去勢之母本柱頭上，使其接受花粉之方法曰授粉。通常去勢後，一二日內即可交配，然亦依去勢時之發育程度及氣候之變遷而定。在特別情形下，可遲至去勢後六日行之者。總之，應於雌蕊容易接受花粉之時期內行之。此可以放大鏡檢視，大凡柱頭興奮而有黏液分泌者，即為可以接受花粉之表現。

此種時期到達後，即可收集成熟之花粉。上文已述，花開放時，有自上部先開者，或下部先開者，但亦有如黑麥乃中部先開。故吾人如見上部下部或中部已有花朵開放，吐出花絲者，則接近此等已開花朵之花，即為將開未開者，最為適用。可用鑷子自花內將花粉囊拈出，放於小磁碟中，以針壓破之；使花粉散出。通常在花盛開時，花粉活躍，較易於散出，而授粉又須於此時期內行之。花粉囊壓破後，即揭開母本上之套袋，而以新毛筆蘸花粉而塗之於母本去勢花之柱頭上，或直接以鑷夾取花粉囊送於母本去勢花內。於其柱頭上輕擦後，即置留於花內。美國核桃 (Pecan) 雜交時，去勢後之雌花，罩以透明之羊皮紙袋，授粉時因恐被空中飛舞之花粉所沾污，亦不去袋。乃用圖二十五之花粉噴射器，入花粉粒於橡皮球，將注射針插入紙袋內 (因透明可以窺見雌蕊之位置。) 然後壓迫橡皮球，即可將花粉噴射於柱頭。紅告羅花 (Red Clover) 行人工雜交時，據 Williams 氏 (1931) 意見，因多種告羅花為自花不親和性，故毋須去勢，僅栽培父母本於花盆內，罩以布籠，將蜜蜂洗滌後，放入籠內，任其發生虫媒，以達授粉目的。但自花有親和性者，仍須於人工去勢後再行人工授粉，較為妥善。

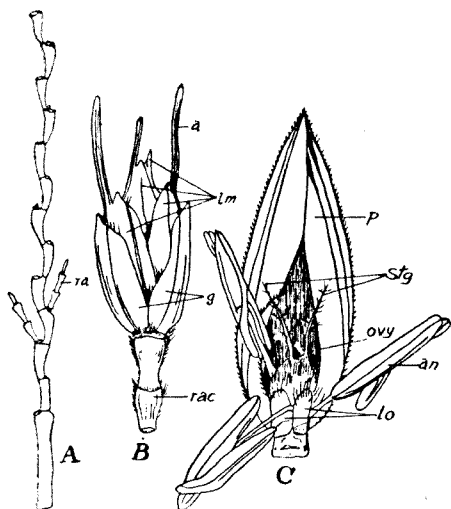
一般人工授粉時亦如去勢，各花依次為之，以免遺誤。每一種雜交授粉完畢，用具即須用酒精消毒，以防沾染花粉。若父母本為異品種，則授粉應重複數次，以增加受精之機會；若父母本為同種，則一次足矣。

授粉完畢，復行套袋，於前去勢時所掛之小紙牌上，加計授粉日期與父本名稱。並於父本上亦掛一牌，以作將來保存父系之用。關於交配記載之方法，母體居先，父體居後。每種交配，須給一交配號數，記於記錄簿中。

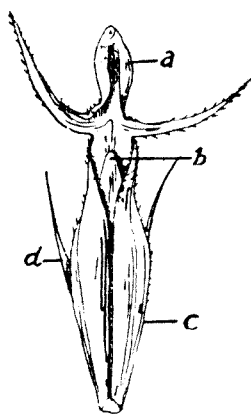
紙袋於交配四五日至一星期之後，即可除去，俾花器接受自然環境；但一般則不除去，蓋可預防鳥害風雨。

#### 四 各種作物之花器構造

(A) 小麥、燕麥、大麥

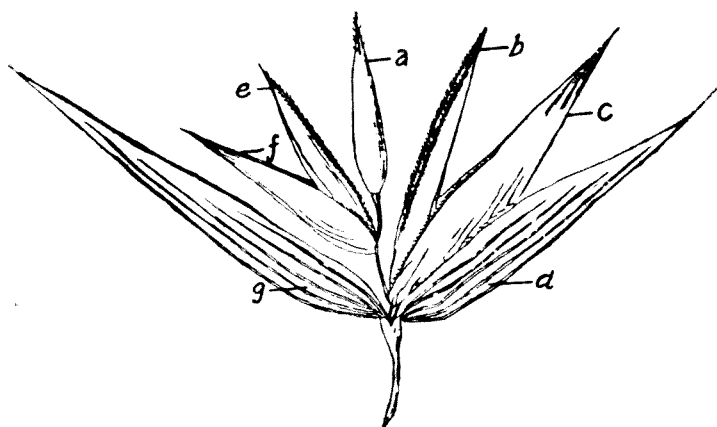


圖二十六 小麥花器之構造  
 A 穗軸 (Rachis) , ra 小穗軸  
 B 小穗 (Spikelot) a. 芒, Lm. 外穎, g. 護穎, Rac, 穗軸。  
 C 花 (Flower) P. 內穎, stg. 柱頭, ovy. 子房, an. 花粉囊 lo. 穎被。



圖二十七 大麥小穗圖

a 鉤芒 (Hood)  
 b 內穎  
 c 外穎  
 d 護穎

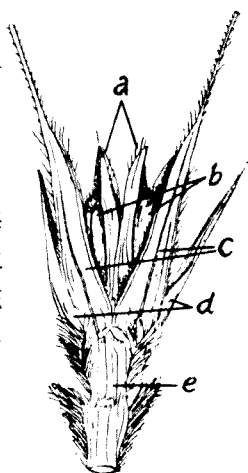


圖二十八 燕麥小穗圖

a. 不育第三花 b. c. 內穎 c. f. 外穎 g. d. 護穎

小麥、大麥、燕麥之花器均有內穎、外穎保護，雌蕊一枚，柱頭二叉，雄蕊三枚（參考本書第 151—152 頁）去勢時，小麥燕麥以姆指夾住花器，以食指壓迫，內外穎即開裂，可將鋏子拊去三枚雄蕊，大麥因內外穎不易分離，可略剪頂端，然後去勢。去勢時間以上午八時至十時為宜，授粉最好在十時以後。每穗選中部之花 10—15 枚雜交，頂端及基部各花可以剪去，因將來結實亦不壯滿，每小穗花數在二以上者，去之，僅留左右二花雜交。

B. 黑麥 *Secale cereale* (Rye)



圖二十九 黑麥小花之構造

a. 內穎 b. 種子 c. 外穎 d. 護穎 e. 穗軸

黑麥花器構造已說明於本書第160頁，雜交方法亦與小麥相同。  
 (C) 豌豆 *Pisum sativum* (Peas)

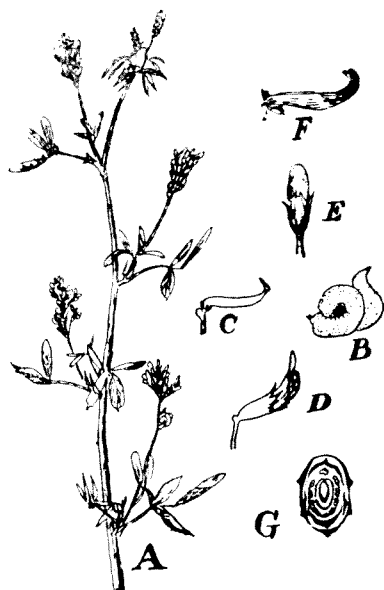


圖三十 豌豆花器之構造 (仿H. E. Hayward)

- |                |              |
|----------------|--------------|
| A. 花枝 (表示花之位置) | H. 花器各部位置    |
| B. 花蕾          | E. 雄蕊        |
| C. 莢           | F. 去花瓣後之花器   |
| D. 花瓣          | G. 受精後初長成之幼莢 |

豌豆花器之構造與大豆相似，可參考本書第152頁。因花器幼嫩容易損傷，去勢時手術宜輕，可先撥開龍骨瓣，則可窺見九本雄蕊，以尖銳之鑷子輕輕撕去雄蕊管（九本連合成管），則雄蕊即可去盡，去勢完畢後，仍將龍骨瓣放正以資保護，授粉時亦然。

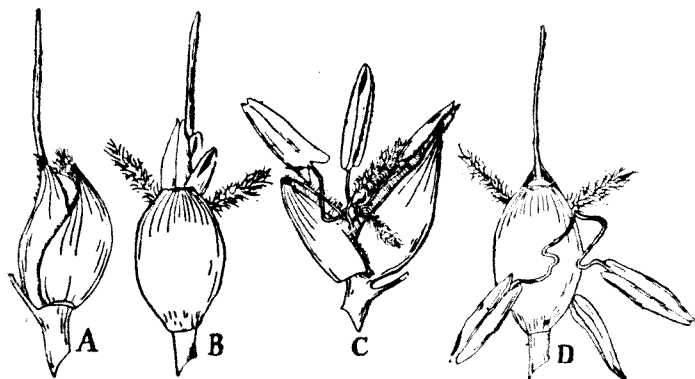


(D) 苜蓿 *Medicago sativa* (Alfalfa)

圖三十一 苜蓿花器之構造

- A. 花序生長情形
- B. 果實
- C. 去花器外部後之雄蕊
- D. 花蕾側面
- E. 花蕾正面
- F. 去花瓣後之雄蕊
- G. 花器各部位置

苜蓿亦為豆科植物，故其花器構造及雜交手術與豌豆相似。

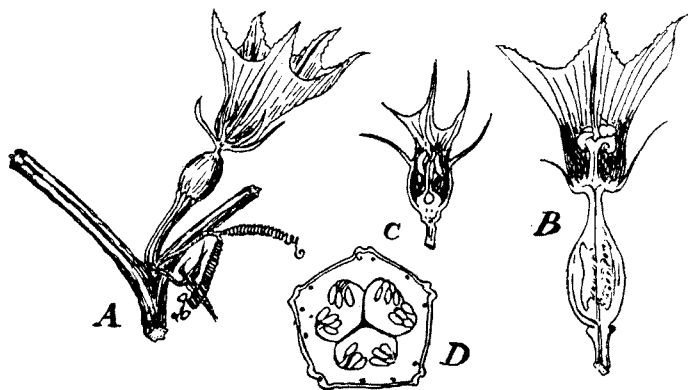
(E) 高粱 *Andropogon sorghum* (Sorghum)

圖三十三 高粱花器構造及開花情形

- A•未開之花
- B•將開之花
- C•已開之花
- D•開後之花

高粱花器構造之說明，可參攷本書第156頁，雜交方法已於上節說明。

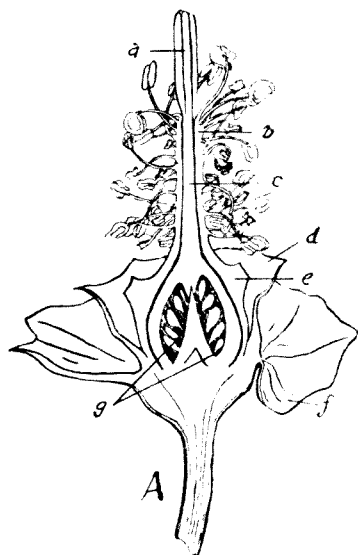
(F) 瓜類 (Cucurbita Spp.)



圖三十四 瓜類花器之構造 (仿Hayward)

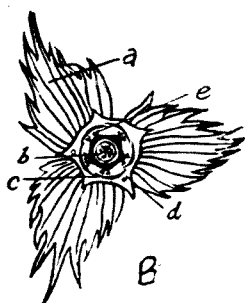
- A•雌花生長情形
- B•雌花縱剖面
- C•雄花縱剖面 (注意退化之雌蕊)
- D•子房橫切面

瓜類爲雌雄同株異花雜交手術簡易，已如上節所述。

(G) 棉花 (*Gossypium* Spp.)

A. 花器縱剖面

- |       |        |       |
|-------|--------|-------|
| a. 柱頭 | b. 雄蕊管 | c. 花柱 |
| d. 花萼 | e. 花瓣  | f. 花苞 |
| g. 子房 |        |       |



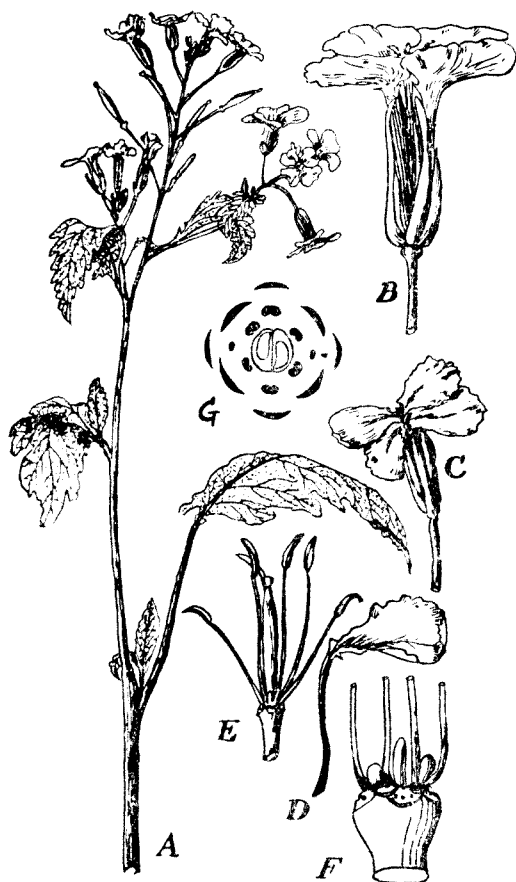
B. 棉花花器各部之位置

- |       |       |
|-------|-------|
| a. 花苞 | d. 花萼 |
| b. 雌蕊 | e. 雄蕊 |
| c. 花瓣 |       |

圖三十五 棉花花器之構造 (仿W. W. Robbins)

棉花屬錦葵科 (*Malvaceae*)，花器構造 請參考本書第157頁之說明。雜交時，選植株中部之花蕾十枚，剪開花瓣，以鐵子刺雄蕊，或用麥稈一截，摺其一端，套在柱頭上，輕輕插下，則柱頭再無自花授粉之機會，而同時雌花亦易於去淨。手術完畢後，再將花瓣包住，授粉之手續亦然。

(H) 蘿蔔 ( *Raphanus sativus* ) Radish



圖三十六 蘿蔔花器之構造

- A. 花序生長情形
- B. 單朵花
- C. 花瓣呈十字形
- D. 一個花瓣
- E. 去花瓣後之雌雄蕊
- F. 花托 (表示退化雄蕊及蜜腺)

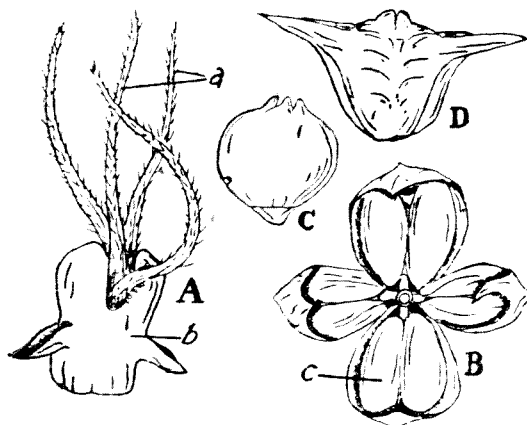
G. 花器之位置

蘿蔔屬十字花科 ( *Cruciferae* ), 花瓣四枚, 雄蕊六枚, 四長二短, 雌蕊一枚。雜交時, 選花序中部之花六七枚, 頂端之花全數剪去, 以防繼續伸長。去勢時, 撥開花瓣, 取出六枚雄蕊, 因花器較大, 手術並不困難。

(I) 菠菜 ( *Spinach oleracea* ) Spinach

菠菜為雌雄異株植物, 故其雜交手術較為簡便。

圖三十七 菠菜花器之構造

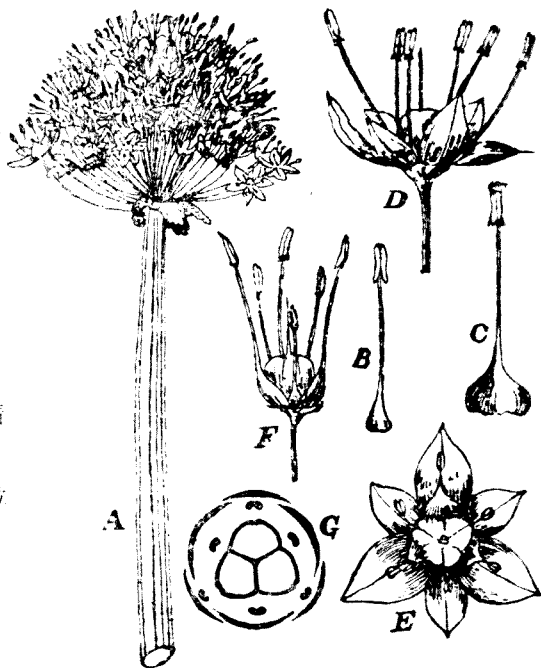


- A. 雌花
- a. 柱頭
- b. 花被
- B. 雄花
- c. 花粉囊
- C. 光滑種之果實
- D. 有刺種之果實

(J) 洋蔥 (*Allium cepa*) Onion

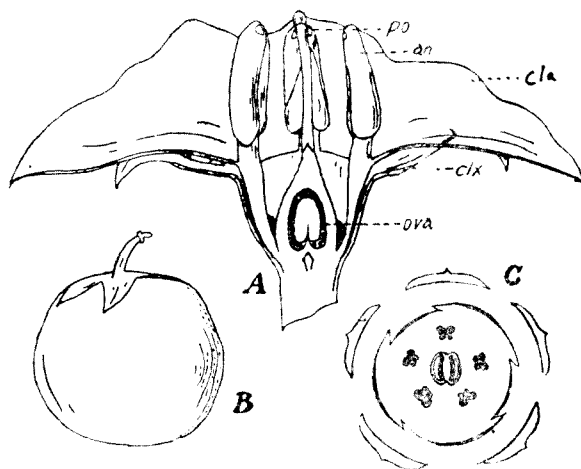
圖三十八 洋蔥花器之構造

- A. 花序
- B. 外層雄蕊
- C. 內層雄蕊
- D. 單花側面
- E. 單花正面
- F. 雄蕊排列情形
- G. 花器各部位位置



洋葱屬百合科 (Liliaceae)，因花序上之花朵太密，雜交不便，故於雜交之先，可疏去大部花朵，僅留十餘花，行去勢手術，然此所選定之十餘花，為分別排列於花序上者，如此則雜交時較為方便。

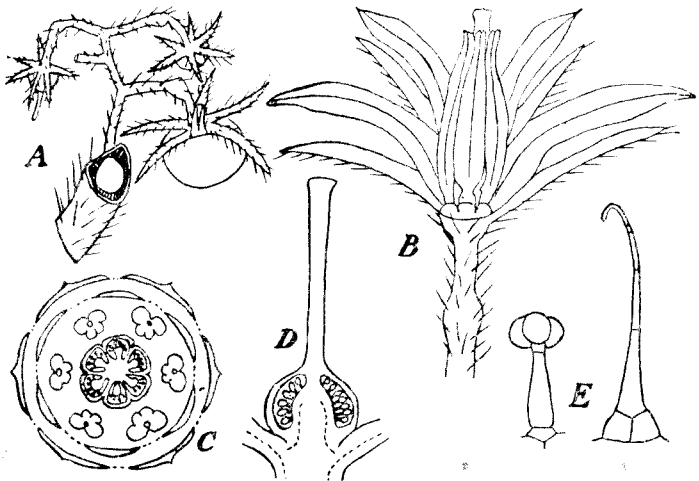
(K) 馬鈴薯 (Solanum tuberosum) Potato



圖三十九 馬鈴薯花器之構造

- A. 花器縱剖圖 po 花粉囊小孔 ova 子房 cla 花冠 an 花粉囊，  
clx 花萼。
- B. 漿果
- C. 花器各部位置

馬鈴薯屬茄科 (Solanaceae)，花器構造與番茄相似 (見本書第152—153頁)，雜交時因花器大，手續亦甚容易。

(L) 番茄 (*Lycopersicon esculentum*) Tomato

圖四十一 番茄花器之構造

- A. 果枝表示結果先後及花序
- B. 去一部份花瓣後表示雌雄蕊之生長情形
- C. 花器各部位置
- D. 雌蕊縱剖面
- E. 番茄之兩種毛茸

番茄花器構造之說明，可參考本書第152—153頁。

(M) 萵苣 (*Lactuca sativa*) Lettuce

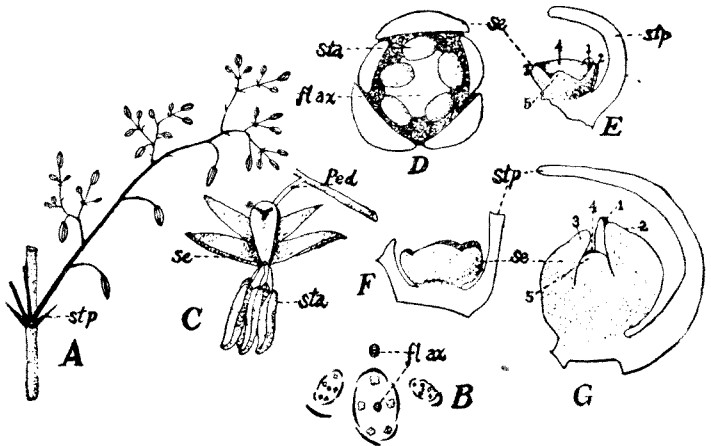
萵苣屬菊科 (*Compositae*) 花器極小，雜交時頗為困難，宜以特殊方法處理之 (見上節所述)。



圖四十一 萵苣花器構造圖

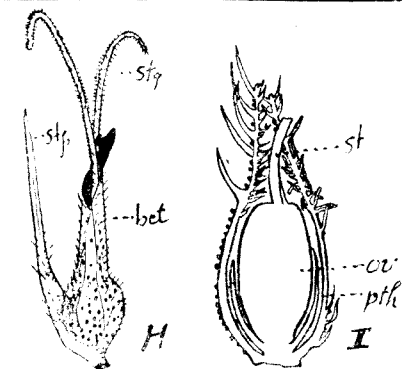
- A. 花序
- B. 未開之花穗
- C. 花器縱剖圖
- D. 單花朵
- E. 去花冠後之花
- F. 有絨毛之種實
- G. 花器位置

(N) 大麻 (Cannabis sativa) Hemp, Moraceae.





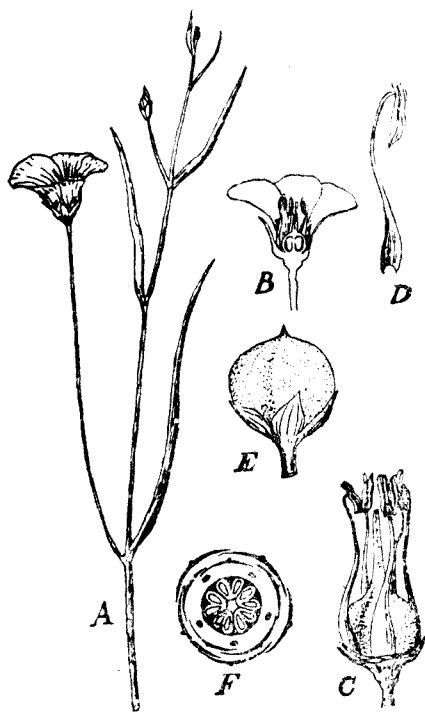
圖四十二 大麻花器之構造  
(仿Briosi 及 Tognini)



- A. 雄蕊花序
- B. 雄蕊花序之一枝表示三個雌花之位置大小
- C. 雄花之生長情形
- D. 雌花之正視，表示各部之排列
- E. F. G. 表示雌花發育之程序
- H. 雌花
- I. 雌花之縱剖面，表示花器部分，flax 花軸，ped 花柄，Se 花萼，Sta 雄蕊，Stp 花托，bet 花苞，stg 柱頭，ov 子房，Pth 花被，st 花柱

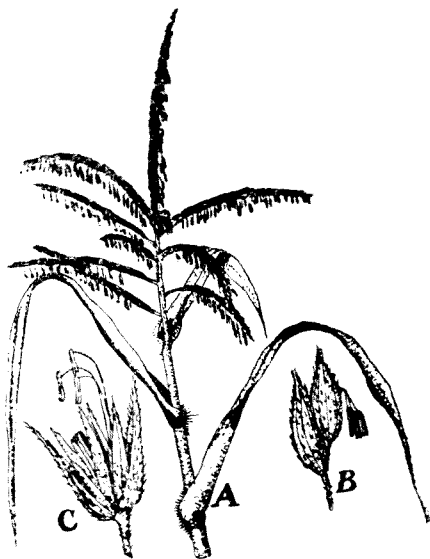
(O) 亞麻 (*Linum usitatissimum*) Flax, Linaceae

圖四十三 亞麻花器之構造  
(仿H. E. Hayward)



- A. 花序
- B. 花器縱剖面
- C. 雄蕊及雌蕊生長情形
- D. 雄蕊
- E. 成熟果實
- F. 花器各部位位置

亞麻去勢時，以下午四時為宜，擇次日將開之花蕾，剪去一部分花瓣，用鑷子拈去雄蕊，次日即可授粉，套袋與不套袋均可。

(P) 玉蜀黍 (*Zea mays*) Corn

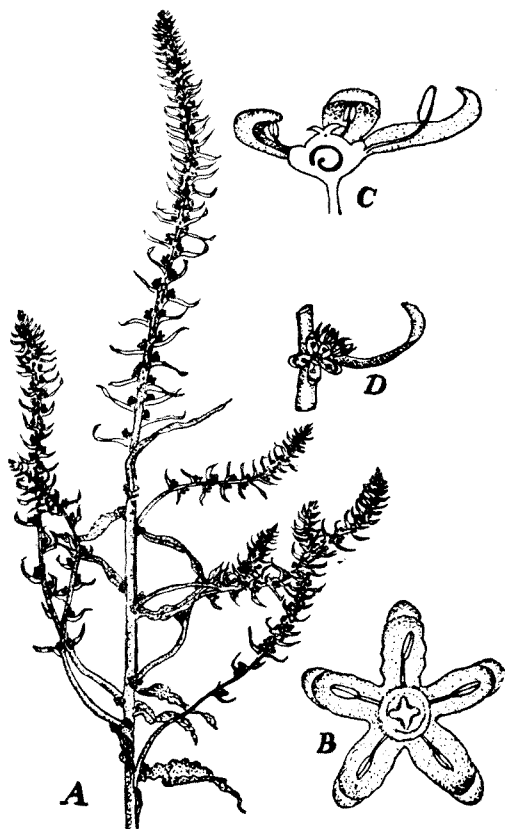
圖四十四 玉蜀黍雄蕊花序

A. 雄蕊花序之生長情形

B. 一對小穗

C. 小穗開花情形

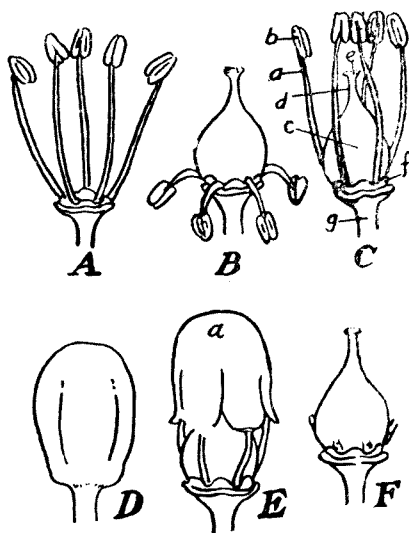
玉蜀黍花器構造已說明於本書第161頁。雜交方法，如去勢、授粉，已詳本章第一節，不再贅述。

(Q) 甜菜 (*Beta vulgaris*) Sugar Beets, Chenopodiaceae

圖四十五 甜菜之花器構造

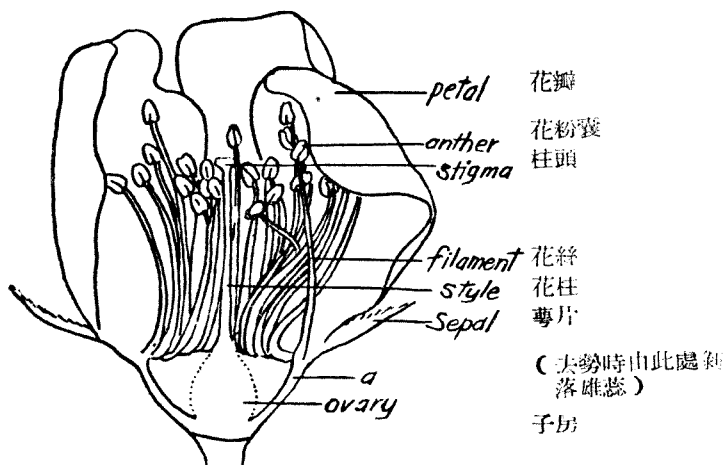
- A. 花序生長情形
- B. 花器各部位置
- C. 去一部分花瓣後之花
- D. 花序之一節表示無柄之花

(R) 葡萄 (*Vitis vinifera*, L.) Grape

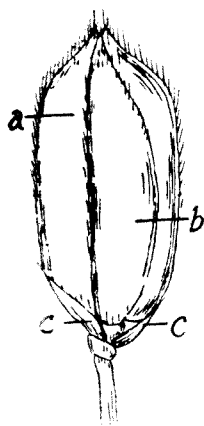


圖四十六 葡萄之花器構造

- A. 直立之雄蕊
- B. 雌蕊與向外彎曲之雄蕊
- C. 雌蕊與直立之雄蕊
  - a. 花絲            e. 柱頭
  - b. 花藥            f. 油腺
  - c. 子房            g. 花柄
  - d. 花柱
- D. 花蕾
- E. 半開花蕾
- F. 去勢後之花

(S) 桃 (*Prunus persica* L.) Peach

圖四十七 桃花之構造

(T) 水稻 (*Oryza sativa*) Rice

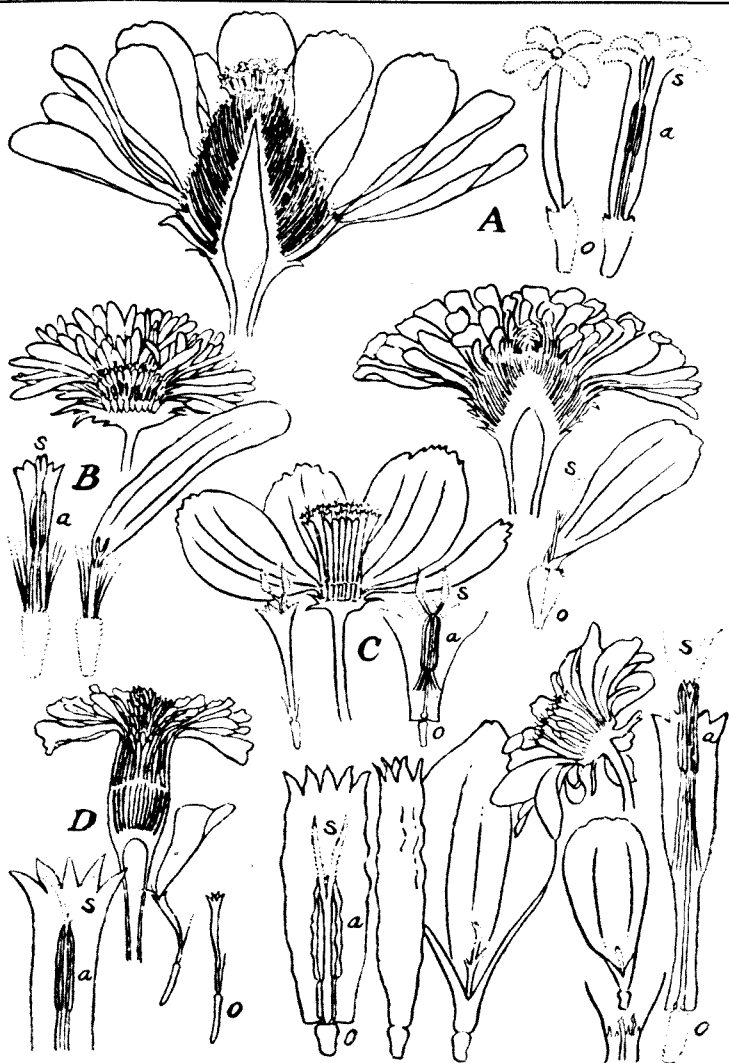
稻有雄蕊六枚，雌蕊一枚，柱頭二叉。去勢時剪去內外穎之先端，即可取出雌蕊。其他雜交法，已說明於本章第一節。

圖四十八 稻之小穗

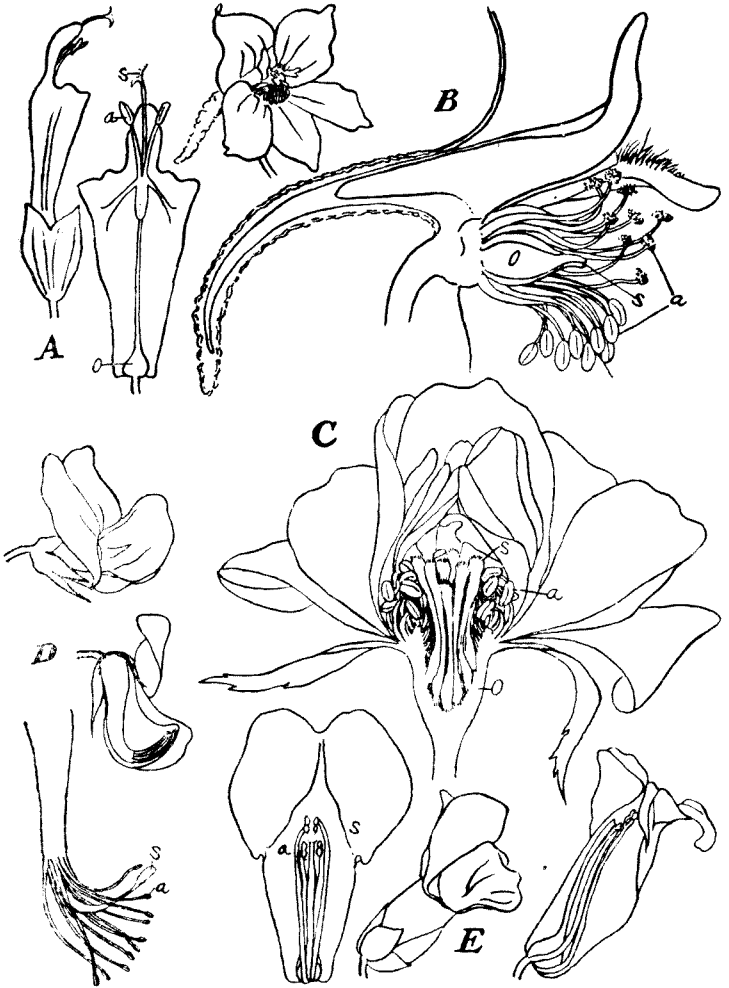
- a. 內穎
- b. 外穎
- c. 稃穎

## (U) 各種花卉 (Flowers)

圖四十九



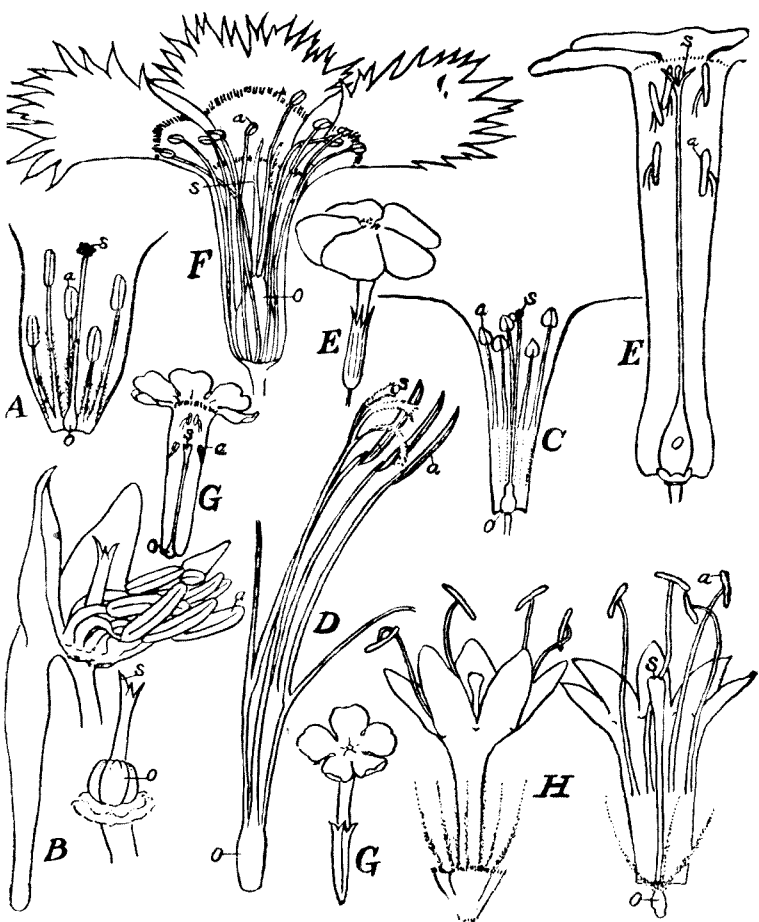
(A)百日草 B.翠菊 C.大波斯菊 D.萬壽菊 E.大麗花 s.柱頭 a.花藥 o.子房



圖五十 A.爆竹紅  
 B.飛燕草  
 C.薔薇花

D.宿根豌豆  
 E.金魚草

a.柱頭  
 s.花藥  
 o.子房



圖五十一 A.牽牛花

B.金蓮花

C.掃羽朝顏

D.唐菖蒲

E.草夾竹桃(福祿考)

F.香石竹

G.美人櫻

H.輪鋒菊

a.花蕊

s.柱頭

o.子房



## 第二節 雜種不孕

## 一 雜種不孕之原因

親緣較遠之兩種植物互相交配，或為種間雜交(Interspecific Cross)；或為屬間雜交(Intergeneric Cross)，其第一代雜種(Hybrid,  $F_1$ )每多不孕，謂之雜種不孕。例如中棉與美棉交配，黑麥與小麥交配，前者如養山(Desai)、中富(Nakatomi)、馮肇傳、馮澤芳諸氏均先後報告，二者之雜種，自交均屬不孕，僅能開花而不結實。後者如湯姆生(Thompson)氏亦有詳細之報告，湯氏以黑麥( $n=7$ )與小麥( $n=21$ )雜交，得出雜種。在十八種性狀中，有兩種似黑麥，六種似小麥，十種為中間性而略偏於小麥，此因小麥之染色體數目較多，故佔優勢也。然此種雜種再無生殖力。夫中棉與美棉，黑麥與小麥，各有優點，設雜種而可孕，則其對育種供獻，為何如耶？推而至於其他作物，異種雜交後，其雜種亦常有不孕現象，是誠令人失望也。考種間或屬間雜種之不孕現象，其原因甚多，然以染色體之行動為主要。

## A. 配偶子反常

雜種不孕之第一種原因，為配偶子之反常，其情形復有兩端：一為雜種自兩親而來之染色體無相對性，缺乏親和力，因之減數分裂不正常，不能產生正常之生殖細胞。今試就各由兩親方面傳來之七個染色體雜種論之，設某雜種之體細胞中有14個染色體，若兩親所供給之各半染色體極具親和力，則減數分裂時，能兩兩駢列成對，分赴兩極，生成正常之生殖細胞，常無不稔現象；若二者無相對性，則於減數分裂時，此十四個染色體，即自由行動，呈種種異常現象，或不規則的分配於兩極，即兩極中之染色體成七個與七個、六個與八個、五個與九個等形式，然其總數則仍為14。或則十四個染色體之一部分縱裂而分往兩極，另一部則並不縱裂而分配於兩極，以是兩極中染色體之和乃超過十四矣。設其中僅有兩個縱裂，

其餘十二個則分爲六個與六個分趨兩極，則各極之染色體數將成爲八個。凡二植物間之雜種，其不孕性高者，則父母兩方得來之染色體，幾全不能駢對；其低者則多少有親和力，若干個染色體能相結合而成二元狀態。此種成二元狀態之染色體，按普通行動而分赴兩極。其餘在單元狀態者，則仍呈不規則之行動。總之，雜種所生之配偶子中，其染色體恆少爲 $n$ 及其倍數者。往往生成 $n-1$ 、 $n+1$ 、 $2$ ..... $2n-1$ 、 $2n-1$ 等種種異元狀態，即因此種原因，遂致不孕、 $n+1$ 。小麥與黑麥雜交種不孕率之高，即因此故。

配偶子反常之第二種情形，爲雜種中由兩親而來之染色體雖具親和力，但因數目不平衡，以是亦不能生成正常之生殖細胞。茲以木原均氏之二粒小麥與普通小麥交配之結果說明之。小麥之基本染色體數爲七，二粒小麥之配偶子含有十四個染色體，即具有A、B二組，普通小麥則有二十一個，即有A、B、C三組。以是 $F_1$ 具有三十五條染色體。其組型(Genom)爲AABBC。  $F_1$ 生成配偶子行減數分裂時，其中有二十八條染色體駢列成對，分赴兩極。即由二粒小麥而來之A、B二組染色體與普通小麥而來之A、B二組是也。故其中尚餘有由普通小麥而來之C組七個染色體，無對手可以駢合，仍保持原形，任意走向一極，亦有全部進入甲極而不進入乙極者。以是生成含有二十一個及十四個染色體之核，亦有若干進入甲極，若干進入乙極者，以是生成各種機會組合之異元狀態之配偶子矣。其中含有21及14染色體之配偶子爲有效。其餘在二者之間者，則均不正常。此處有一問題，即若此C個染色體進入兩極，悉爲隨機者，則含有14及21個染色體之生殖細胞發現之機會，應同爲 $(1/2)$ ，然事實上每遠多於此預期之數。故有人以爲C染色體組之七染色體進入兩極未必隨機，而有結伴同時進入一極之傾向。主此說者爲美人撒克斯(Sax)、湯勃生、哈靈斯海德(Hollingshead)及葡萄芽之卡姆郎(Cameron)諸氏，後華脫金(Watkins)氏證明二

種情形兼而有之。以是含 $14$ 及 $21$ 染色體者，必較 $(1/2)$ 為多，而中間數者，如 $17$ 、 $18$ 者，則較少也。

配偶子之反常與雜種不孕究有若何關係耶？日人木原均氏曾以染色體組學說（Genom Theory）說明之。染色體組（Genom）者，亦可譯成因子系，原意為生活之單位，係指單元染色體之全體染色體而言；為溫格勒（Winkler）氏首創之辭。故單元體植物，乃有一個染色體組；二元則有兩個染色體組，餘類推。構成染色體組之各染色體，必以全力協同生活現象。如失于其中一染色體，即失其正常之生活力，此即染色體組學說是也。是以小麥含有 $14$ 及 $21$ 個染色體之配偶子，含有完全之兩個或三個染色體組（ $2n$ 或 $3n$ ），故機能正常完全，能與正常之配偶子配合受精。若有 $15(2n+1, \text{或 } 3n-6)$ ， $16(2n+2, \text{或 } 3n-5)$ ，…… $20(3n-1 \text{ 或 } 2n+6)$ 條染色體之配偶子，因有一染色體組不完全，雄性者，普通恆無授精能力，即有之，其受精能力亦非常低下；雌性者因係被動，故結實率尚較高也。

據木原均氏及華脫金氏研究之結果，花粉必有一部份不稔，愈近於中間染色體數（ $17$ 及 $18$ ），愈不稔。或者為空花粉，根本不能發芽，或則花粉內原形質不足，雖非全空，亦不能發芽；或則原形雖充實，亦不能發芽。即能發芽，此含有不同染色體之花粉，發芽後之花粉管生長速率亦不同，愈近於中間染色體數者愈緩。故與正常花粉競爭時恆失敗，而不能繁殖後裔也。

木原均氏並發現含有 $14$ 個染色體之卵細胞，常與含 $14$ 個染色體或近於 $14$ 個染色體之精子受精；含有 $21$ 個染色體之卵，常與含有 $21$ 個染色體或近於 $21$ 個染色體之精子受精，其間似有意選擇之者。

## B. 胚胎死滅

上述雜種之不孕性，乃由於生殖細胞之不稔。然有時生殖細胞受精結合而成胚胎，恆不能發芽。即發芽，亦每於發芽後，中途凋萎，或不待抽穗而枯死。即能抽穗，亦多不孕。此種原因為組合平

衡與否之問題。設以  $A \cdot B \cdot C$  表示小麥之三個染色體組，而以  $a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f \cdot g$  表示每一組之染色體。今有二  $C$  染色體組不完全之親本雜交，一為  $c-2f$ ；一為  $c-2g$ 。即前者之  $C$  染色體組為  $\begin{matrix} abcdeg \\ abcdeg \end{matrix}$ ；後者之染色體組為  $\begin{matrix} abcdef \\ abcdef \end{matrix}$ ，於是生成之  $F_1$  為  $\begin{matrix} abcdefg \\ abcdefg \end{matrix}$ ，其中有一組已完全，其組合即稱平衡，而具有生活力。反之，無一組完全者，則為組合不平衡。其染色體組不完全之程度愈高，死滅之程度愈高，死亡愈速。是以  $AABBCC$  中僅無  $gg$  或  $ff$ ，尚有遺留後裔之事，而  $ff$  與  $gg$  均無時，則難生存矣。其極端者為失去  $\begin{matrix} bcdefg \\ bcdefg \end{matrix}$ ，即  $AABB$  中，僅多餘  $aa$  之植物，亦能死亡。吾人至此必有一疑問，何以三元之個體，若完全缺少一組染色體（如  $AABB$ ），能正常生活。然僅缺少某一條時（如  $AABBCC-2g$ ）反致生活不正常？以染色體組學說解釋之，則因各條染色體各有其活動之能力。若單獨存在時，由其上因子之活動而產生之物質，足以擾亂全體細胞之生活，若一組之染色體全部存在時，則能彼此互相平衡。故  $AABB+aa$  則死滅，因  $aa$  可擾亂全體之平衡； $AABB$  或  $AABBCC$  則生活正常，因每組之染色體均已彼此平衡； $AABB+g$  或  $AABB+f$  生活正常無礙，此或因染色體成對存在時，其上之因子始能顯其作用，即  $aa$  之作用較  $a$  為強，譬如致死因子之作用， $aa$  死亡而  $a$  生存。

木原均氏謂小麥五元體雜交種第二代之胚胎或有死亡之現象，氏將第二代分為平衡組合與不平衡組合兩大組：前者植株高度正常且結實率高；後者植株矮小且不稔率高。大凡第二代植株之染色體在 14 雙價， $C$  組染色體全為單價時，則可以結實，在 14 雙價染色體之外， $C$  組之染色體如有雙價者，則全體之  $C$  組染色體均須存在，否則不能結實，茲將木原均氏之結果列表如下：

F <sub>2</sub>	平衡組合		不平衡組合			
	1		2	3	4	
F <sub>1</sub>	28	14 <sup>II</sup> + 0 <sup>I</sup>				
⋮	29	14 <sup>II</sup> + 1 <sup>I</sup>				
配偶子	30	14 <sup>II</sup> + 2 <sup>I</sup>	15 <sup>II</sup> + 0 <sup>I</sup>			
⋮	31	14 <sup>II</sup> + 3 <sup>I</sup>	15 <sup>II</sup> + 1 <sup>I</sup>			
⋮	32	14 <sup>II</sup> + 4 <sup>I</sup>	15 <sup>II</sup> + 2 <sup>I</sup>	16 <sup>II</sup> + 0 <sup>I</sup>		
⋮	33	14 <sup>II</sup> + 5 <sup>I</sup>	15 <sup>II</sup> + 3 <sup>I</sup>	16 <sup>II</sup> + 1 <sup>I</sup>		
14 + 1	34	14 <sup>II</sup> + 6 <sup>I</sup>	15 <sup>II</sup> + 4 <sup>I</sup>	16 <sup>II</sup> + 2 <sup>I</sup>	17 <sup>II</sup> + 0 <sup>I</sup>	
→ × →	35	14 <sup>II</sup> + 7 <sup>I</sup>	15 <sup>II</sup> + 5 <sup>I</sup>	16 <sup>II</sup> + 3 <sup>I</sup>	17 <sup>II</sup> + 1 <sup>I</sup>	
14 + 1	36	15 <sup>II</sup> + 6 <sup>I</sup>	16 <sup>II</sup> + 4 <sup>I</sup>	17 <sup>II</sup> + 2 <sup>I</sup>	18 <sup>II</sup> + 0 <sup>I</sup>	
♀	37	16 <sup>II</sup> + 5 <sup>I</sup>	17 <sup>II</sup> + 3 <sup>I</sup>	18 <sup>II</sup> + 1 <sup>I</sup>		
	38	17 <sup>II</sup> + 4 <sup>I</sup>	18 <sup>II</sup> + 2 <sup>I</sup>	19 <sup>II</sup> + 0 <sup>I</sup>		
	39	18 <sup>II</sup> + 3 <sup>I</sup>	19 <sup>II</sup> + 1 <sup>I</sup>			
	40	19 <sup>II</sup> + 2 <sup>I</sup>	2 <sup>0</sup> II + 0 <sup>I</sup>			
	41	2 <sup>0</sup> II + 1 <sup>I</sup>				
	42	2 <sup>1</sup> II + 0 <sup>I</sup>				

表三十三 木原均氏小麥五元體雜交種第二代染色體之組合

森谷氏亦得同樣之結果，如下表所示：

染色體數 (2n)	染色體組合	稔性%	觀察穗數	植株高度 (公尺)	觀察株數
平衡組合	28 14 <sub>II</sub> + 0 <sub>I</sub>	78.30	20	1.13	5
	29 14 <sub>II</sub> + 1 <sub>I</sub>	75.96	21	1.04	10
	30 14 <sub>II</sub> + 2 <sub>I</sub>	65.00	25	1.02	11
	31 14 <sub>II</sub> + 3 <sub>I</sub>	49.44	18	0.94	5
	32 14 <sub>II</sub> + 4 <sub>I</sub>	59.43	15	1.02	2
	33 14 <sub>II</sub> + 5 <sub>I</sub>	55.96	12	1.06	2
	34 14 <sub>II</sub> + 6 <sub>I</sub>	45.86	3	1.07	2
	30 15 <sub>II</sub> + 0 <sub>I</sub>	0.00	2	0.71	1
不平衡組合	31 15 <sub>II</sub> + 1 <sub>I</sub>	29.50	5	0.90	2
	32 15 <sub>II</sub> + 2 <sub>I</sub>	5.79	11	0.92	3
	33 15 <sub>II</sub> + 3 <sub>I</sub>	19.68	9	0.84	5
	34 15 <sub>II</sub> + 4 <sub>I</sub>	17.88	7	0.93	1
	34 16 <sub>II</sub> + 2 <sub>I</sub>	19.23	3	0.72	1
	35 15 <sub>II</sub> + 5 <sub>I</sub>	36.13	5	0.55	2
	35 16 <sub>II</sub> + 3 <sub>I</sub>	29.04	8	0.69	2
	36 16 <sub>II</sub> + 4 <sub>I</sub>	16.30	10	0.99	2
	37 17 <sub>II</sub> + 3 <sub>I</sub>	11.17	6	0.79	2

表三十四 森谷氏五元體小麥雜種之F<sub>2</sub>各組合之結實率及高度

由上表可知平衡組合之結實率(即稔性%)高,植株亦高;不平衡組合之結實率低,植株亦低。

## C. 胚乳不良

不孕之第三種原因爲胚乳之發育不良，致影響及種子之發芽。蓋發芽時之養分，乃取給於胚乳。如胚乳發育不完全，自不能正常發芽矣。植物之受精情形，前已言之。胚胎爲一精核及一卵核融合而成；胚乳則爲一精核與二胚囊核融合而成，爲三元體。胚乳之發育良否，據華脫金氏言，亦視其中染色體組是否完全而定。今仍以小麥爲例：普通小麥之胚乳染色體組爲 AAABBBCCC；二粒小麥爲 AAABBB。今使二者交配，以普通小麥爲母本而以二粒小麥爲父本，則其所生種子之胚乳，爲 AAABBBCC；反之，如以二粒小麥爲母本，生成之胚乳爲 AAABBBC，後者之胚乳多萎縮，發芽亦惡劣。

普通小麥與二粒小麥雜交時胚胎與胚乳染色體數之比例，因正交與反交而不同，有如下表所示：

	交配種類	胚乳	胚胎	胚乳 ：母本	胚乳 ：胚胎
1	普通小麥自交	3x   3x   3x	3x   3x	9 : 6	9 : 6
2	二粒小麥自交	2x   2x   2x	2x   2x	6 : 4	6 : 4
3	普通小麥 × 二粒小麥	3x   3x   2x	3x   2x	8 : 6	8 : 5
4	二粒小麥 × 普通小麥	2x   2x   3x	2x   3x	7 : 4	7 : 5

表三十五 普通小麥二粒小麥自交及正反交後之胚乳及胚胎染色體數目

小麥種間雜交時以普通小麥爲母本，以二粒小麥爲父本，容易成功前已言之。其理由除二粒小麥之花粉粒滲透壓力高於普通小麥柱頭之滲透壓外，由上表可知由於以普通爲母本時，則胚乳可以健全發育，反之則否。其解釋有下列兩說：

(1) 胚乳與母體染色體數目之比例——以普通小麥爲母本時，胚乳與母體染色體之比例爲 8 : 6，與普通小麥及二粒小麥自交

者 9 : 6 及 6 : 4 比例相近，胚乳發育須在母體吸收養料，因此胚乳及母體之染色體數目之比例愈近於自交者，則生理上愈相適合。持此說者為孟辛格 (Munzig 1933)、考斯托夫 (Kostoff 1930) 及伊斯特 (East 1936) 三氏。

(2) 胚乳之染色體組——瓦特根 (Watkins) 氏謂以普通小麥作母本，以二粒小麥作父本時，其胚乳所含之 C 組之染色體為雙元；反之，則在胚乳內之染色體為單元，已如上述。後湯姆遜 (Thompson) 及堪姆郎 (Canron) 二氏謂胚乳內 C 組之染色體為雙元、為三元或完全無有時，則胚乳均可發育健全，如全體或一部份之 C 組染色體為單元時，則胚乳發育即不健全。

若桑氏以多數染色體不同之材料研究而發現下列諸事實：

1. 具有同數染色體植物同類間之雜種，無論正交、反交，其結實率、發芽率均良好，彼此間無差異。
2. 以染色體數較多之植物為母本；較少者為父本，胚乳發育良好，發芽率高。

實言之，發芽率視兩親之染色體數而不同，正交與反交乃大有差別。凡其具有良好胚乳、發芽良好者，其染色體組恆為近乎三元狀態。以是 CC 較 C 發芽為佳，而 CCC 較 CC 為佳也。

## 二 不孕之補救

### A. 利用異質多元體

植物異種屬間之雜交既極有價值，然如上所述，其雜種每多不孕。其不孕之主要原因，由於雙方染色體不平衡，或雖平衡而乏相對性。如設法將染色體之一方（如中粒與黑麥）增加一倍，或使其 F<sub>1</sub> 之染色體倍加，成異質四元體 (Amphidiploids) 或異質多元體 (Allopolyploid)。則不孕可使 F<sub>1</sub> 完全結實，更可使所有優良性狀合於一本。成功之後，即再無分離現象。往日費時一年所得之結果，今則一年以內，即可完成。而結果之佳，更千倍於前者。至如何



可以產生異質多元體，其法有二：一即利用天然方法，蓋異種間雜種，既多不實，在自然情況下，常有產生不行減數分裂之生殖細胞之趨勢，此種未經減數分裂之花粉發芽率及生長率特高，遠過其他花粉，為數雖少，其效實大。此等花粉及于柱頭，即產生異質多元體。其次為人工處理，使誘變為多元體，此將於後文詳述之。

利用異質多元體而使種屬間雜交成功之例甚多，略舉數例如下：

甲、小麥與野生小麥 (*Aegilotriticum*) 異質四元體 野生小麥富有抗旱性及抗病抗寒能力，用異質四元體可將兩屬之優良性狀合於一本，成功之例如下：

*Ae. ovata* ( $n=14$ )  $\times$  *T. dicoccoides* ( $n=14$ )

*Aegilotriticum forma fertilis* No. 1  $2n=56$

(Tschirnak 及 Bleier 1926)

*Ae. ovata* ( $n=14$ )  $\times$  *T. turgidum* ( $n=14$ )  $2n=56$

(Percival 1930)

*Ae. triuncialis* ( $n=14$ )  $\times$  *T. dicoccum* ( $n=14$ ) ( $2n=56$ )

*Aegilotriticum Triuncialis-dicoccum* (Oehler 1934)

*Ae. caudata* ( $n=7$ )  $\times$  *T. dicoccum* ( $n=14$ )  $2n=42$

*Aegilotriticum Caudata-dicoccum* (Sorokina 1934)

*Ae. ventricosa* ( $n=14$ )  $\times$  *T. durum* ( $n=14$ )  $2n=56$

(Sorokina 1938)

*Ae. longissima* ( $n=7$ )  $\times$  *T. durum* ( $n=14$ )  $2n=42$

(Sorokina 1938)

乙、小麥與黑麥異質四元體 (*Secalotriticum*) 黑麥具有抗病、抗旱、抗寒等能力，異質四元體乃使之連合小麥及黑麥之優點於一處，舉例如下：

*T. vulgare* ( $n=21$ )  $\times$  *S. cereale* ( $n=7$ )  $2n=56$

*Secalotricum saratoviense* (Mistr. 1923, Dorosy 1936)

## B. 回交法

種屬間雜種每爲不實，然如使與親代交配，即所謂回交，恆有結實可能。例如 1927 年德山 (Desai) 氏報告中棉與美棉之雜交種，雖開花而不結實，但回交後，則能成功。1932 年哈蘭 (Harland) 氏亦謂新世界棉與舊世界棉之雜交種，胚珠雖不孕，花粉粒則有效，因確能與海島棉回交成功也。俄人艾生科 (Esenko) 氏於 19 年首將小麥與黑麥之雜交種回交。據云如配以小麥時，一半似小麥而稍具結實性，一半則似 F<sub>1</sub> 不孕；配以黑麥時，一半似黑麥亦稍具結實性，他半亦似 F<sub>1</sub> 而不穩。此後梅斯脫 (Meistro) 洛夫 (Love) 萊格 (Craig) 諸氏亦大規模作此種工作。俄人花倫斯基 (Zalenski) 及道洛生基 (Doreshenki) 二氏於 1924 年發現第一代雜種回交後，第二代植株染色體之數目愈多，則具有小麥之性狀亦愈多，而結實性亦愈高。回交時，須以雜種爲母本，普通小麥爲父本，蓋第一代之花粉失常，而卵則有效也。第二代後，繼續回交，自交均可結實，惟此法頗費時，不易於短時期內獲效也。

## C. 人工發芽法

前述種屬間雜交所得之種子，每多胚胎與胚乳發育不完全之現象，倘設法將此等難於發芽之種子，用人工培養法，使之發芽生長，則亦可解決異種屬間雜交問題之一部分也。

孟琪爾斯陶夫 (Mangelsdorf) 及李味師 (Reeves) 二氏以下蜀黍與 *Tripsacum* 及 *Euchlaena* 雜交之種子，浸於自來水中六小時後，剝去種皮，浸於 SemeSan 溶液中殺菌，然後以無菌水洗淨，播之於 2% 之洋菜培養基上，置於 33°C 之恆溫箱中，18 小時後，即開始發芽，待芽葉伸出，再移於溫處，即告活着。

雷培氏 (Laibach) 以二種亞麻雜交，即 ♀ *Linum perenne* × ♂ *L. austriacum*，所結之種子發育非常惡劣，即最佳者亦表面縐紋甚

多，重不及正常種子之三分之一。如不經人工處理，絕不發芽，氏乃將種皮剝去，播於清水之吸水紙上，保持濕潤，竟能發芽。反交之結果，所結種子發育更不良，即用上法亦不發芽。氏乃將種子剝去種皮，放於10—15%之蔗糖液中，行殺菌人工培養，二週後，綠色之胚變為白色。普通亞麻未成熟之種子呈綠色，已成熟者則呈白色，可見經此培養，胚已成熟矣。然後取出，用前法置吸水紙上，亦能發芽。在棉花方面因雜交種子之胚及胚乳不發育，以 White 氏培養液培養後，可以發芽生長。

茄科植物之種間雜種如 *Solanum nigrum* (♀) × *S. leteum* (♂)，僅生極少數之種子。此項種子極小，乾燥後有縐紋，不易發芽生長。喬金生 (Jorgensen) 氏以剃刀將此種皮割傷，以 Knopp 氏液浸濾紙敷於培養皿之底，將種子播下。置於 25°—30° C 之玻璃室中 10—14 日後，即開始發芽。在此期間，為防止其乾燥起見，可不時補注 Knopp 氏液。俟其幼芽伸長時，可以移植於盛砂之花盆中，補給以養液，至充分成長後，再分株定植於正式之花盆中。

### 第三節 極端不孕

#### 一 交配不孕

交配不孕者，無論雜交或自交概不能產生種子者也。換言之，雖有性器官，雖能交配，但絕無有性生殖之能力，其原因約有兩端：

##### A. 性的缺陷 (Impotence)

康腦 (Connors) 氏 (1926) 研究西洋石竹、美人蕉及其他多種重瓣花不能孕育之原因，係由於雌蕊、雄蕊之退化或花瓣退化所致。中村誠助氏 (1931) 研究半不稔稻不稔之原因乃由於胚珠之退化，異常胚珠存在於胚囊中反足細胞之上部，細而且長。皮特爾 (Beadle) 氏 (1932) 研究不孕之玉蜀黍，係花藥或不規則之瘤狀，花粉不正常之故。總之無數植物之但能開花而不能結實者，其原因多半

由於雌蕊或雄蕊之退化。此種情形在園藝作物中特多，故僅能行無性繁殖。

### B. 環境不良

若干植物不能孕育之原因，則由於環境之影響，如馬鈴薯、小麥、甘藷等，常不能開花，或雖開花而不能結果；故欲以雜交方法改良其品種，極感困難。日人須藤(1927)氏曾以細胞學方法研究馬鈴薯之不實性，乃由於高溫所致。因馬鈴薯之花粉母細胞，如遇 $25^{\circ}$ 至 $30^{\circ}$ C之高溫，減數分裂即不正常；約 $20^{\circ}$ C之中等溫度，始能結實。福田氏曾證明此學說之可信。

哈靈斯海德(Hollingshad)氏在“Marquis”小麥中，曾發現不正常之環境如溫度之驟然變化，可使染色體凝集成團，因而不能形成正常之生殖細胞，以致無生殖作用。

甘藷之開花結實則與地域有絕大關係，在古巴、新西蘭、菲律賓、台灣等地常能開花結實，而在其他地域則多不開花，或開花而不結實，其主要原因，則為溫度過低。

此種由於環境不良之原因而致不孕者，尚可設法補救之。密勒(Miller)史脫托(Stout)二氏謂利用人為方法以延長甘藷之生長期，便有促進甘藷開花結實之可能。密氏曾於1937至1938年間利用割蔓、立架或插竿等處理，以促進甘藷之開花結果，均告成功。楊洪祖、洪田林二氏1943年在四川報告，利用棚架整枝，並於甘藷莖葉生長最茂盛時，施行切蔓處理一次至三次，可使一般之甘藷品種開花結實。並謂其原因係由於蔓內所含碳水化合物及氮素比例發生變化，即二者之含量均高，而前者略多於後者。蓋一般植物花芽之形成，大率受其體內碳氮之影響，通常甘藷之不開花，當係由於多數之碳水化合物已移貯於根內，莖葉內無充分之碳水化合物，同時含氮過多，致發生極盛之莖葉生長。經整枝切蔓後，其全部葉面受光之面積增大，空氣流通，以是光合作用加強，而得製造多量之碳

水化合物。且全株僅有一處着根，經切蔓後，養分之下降受限制，於是碳水化合物之含量增高，故可能結實也。

## 二 雜交不孕

前述雜種不孕者，乃甲乙二種植物能交配結實，惟所得雜種不能生育耳。然無數種植物，彼此間乃根本不能交配結實。一般言之，同種間多易雜交，同屬間即較困難，異屬同科尚不乏成功之例，若不屬一科而能雜交成功者，則絕無希望矣。實言之，凡分類之親緣愈近，則交配愈易成功；反之則愈難。然此亦不可一概而論，例如白菜 (*Brassica oleracea*) 與蘿蔔 (*Raphanus sativus*) 之親緣頗遠，交配頗多成功；白菜與油菜 (*Brassica rapus*) 同為一屬，交配反難成功。一粒小麥之與普通小麥亦同為一屬，雜交卻難成功；然小麥與鶯觀草 (*Agrapryous*) 雖不同屬，但雜交後可孕之程度甚高，據范羅斯金 (S. H. Veruschkine) 氏 1906 年之報告，竟達 9% 以上。他如甘蔗之與竹，性狀及分類上之差異均甚大，然文卡屈拉門 (Verkatraman) 氏 (1936) 在印度以一種爪哇產之甘蔗，與一種竹 "*Bambusa arundinacea*" 交配，亦獲成功。可見雜交之能成功與否，不能為分類上之親緣所限也。

又染色體數相同者，交配易於成功。然亦不能一概言之，例如烟草之種間雜種中，染色體俱為 12 對者雜交，其成功之例反較 12 對與 24 對者少。再如 *Crepis biennis* ( $n=2$ ) 與 *Crepis setosa* ( $n=4$ ) 交配甚易；而 *Crepis capillaris* ( $n=2$ ) 與 *Crepis teatorum* ( $n=4$ ) 交配則甚難。可見染色體數目之不同，亦不足為異種交配不孕之唯一原因也。由是觀之，異種雜交之能否成功，甚難事先預測，其法唯有忍耐試驗而已。

至於異種屬間何以不能交配？其屬於機械性者，一為二者花器之構造上不同，無法交配；二為生長時期之不同，開花時期因之大有差別；即令同時開花，雌雄蕊同時成熟，而花粉之生長速率極不一。二者甚難適相配合。設如此等均無問題，當甲種植物之成熟花粉，落於乙植物

之成熟柱頭上後，論理花粉用人工方法尚能發芽，何以此時尚不能進入而受精？此則多基於生理之原因也，吾人今日尚不能詳細解釋之。

通常花粉之滲透壓 (Osmotic Pressure) 須大於柱頭之滲透壓，然後花粉管方能生長；否則生長遲緩，甚或全不發芽。例如小麥與野生小麥，前者之滲透壓高，故雜交時，須以野生小麥為母本，方可成功。黑麥與小麥雜交時，則須以小麥為母本，蓋黑麥花粉之滲透壓大於小麥柱頭之滲透壓也。史克羅素 (Schloesser) 氏 1936 年報告番茄屬之 *Lycopersicon cerasiform* 及 *L. racemigarum* 為二元體，如與其由芽變而生之四元體交配，正反交俱不成功，氏研究係二者之滲透壓懸殊過甚所致。氏乃將二元體栽培於濕地以降低其滲透壓，使二者之滲透壓約略相等，然後交配，正反交均獲成功。因此可知花粉之滲透壓固須略高於柱頭，然亦不可相差太甚。若二植物因滲透壓懸殊而致不孕者，則吾人殊可用史氏之法以補助之也。

凡交配時極易受精者，蓋因雌蕊柱頭上能分泌一種物質，以刺激花粉管之生長，此可於花粉人工發芽終不及自然發芽佳良一點證明之。但同種植物柱頭之分泌物，常僅能作用於同一種之花粉，對他種花粉則無效，此亦為異種屬間交配不能成功之一因也。其最大原因，必應歸於精核與卵核二者無親和力，是以終不能融合而受精。即全能受精，亦常與細胞有抑止本身發育之性質，須待受精後，精核所分泌之一種特別化學物質之刺激，始能除去。此種物質自必因種而異，異種間所分泌者，恆不能刺激異種卵之發育，而終不能成胚也。

此外，在種間雜交時，復有一極普遍之事實存在，即染色體阻數不同之植物交配時，以組數較多者為母本，易於成功。例如裴林 (Belling) 及勃賴克斯利 (Blackslee) 二氏以四元體之蔓蘿為母體，二元體為父本時，可得極少之種子；反之，如以二元體為母本，則多失敗 (1922)。郁近生 (Jorgensen Louis) 氏之於番茄 (1928)，陶林頓 (Darlington, C. D.) 氏之於緞纓草 (1931)，亦得同樣結果。木原均與西山兩氏於燕麥之種

間雜交，對此曾有詳細之研究。燕麥之基本染色體為7，以故有14、21等種類。此等種間雜交時，如以染色體相同者交配，即 $7 \times 7$ 、 $14 \times 14$ 等，其結實程度雖有差異，然發芽時均良好。其次如以染色體少者為母體7（♀） $\times$ 14（♂）或7（♀） $\times$ 21（♂），則見多數子房雖能正常受精，且發育至相當大，然一近成熟時期，其內容即漸消失而萎縮，結果並無一粒發芽；反之，如以染色體多者為母本，即21（♀） $\times$ 7（♂）或14（♀） $\times$ 7（♂）時，雖受精者不多，然凡受精者均甚飽滿，發芽良好。由是觀之，吾人仍以採用染色體多者為母本為得計也。

總之，異種屬間雜交，如能成功，則對育種之貢獻極大，然結果乃每多不孕。吾人可歸納成下列諸結論：

1. 分類上親緣愈近，交配愈易成功。
2. 染色體數目相同者，交配易成功。
3. 若染色體數目不同時，則以染色體多者為母體較易成功。
4. 雙方之滲透壓應略相等，而以花粉粒之滲透壓較高為宜，亦即應以滲透壓高者作父本。

#### 第四節 雜種優勢 (Heterosis)

兩品種雜交後，第一代雜種 F<sub>1</sub> 生長特顯優越。此種現象，不特在自交後減退生長勢之植物中極為顯著；即自交後生長勢並不減低者，雜交後生長勢之增加，亦極普遍。吾人名此現象為雜種優勢 (Heterosis) 或雜種健全性 (Hybrid Vigor)。

例如下蜀黍自交系雜交後，第一代雜種之高度及產量反較親種顯著增加。但此種優勢並不能長久保持，一經自交，又驟減退。此種現象作人工雜交之柯羅得 (Kolreuter) 高脫那 (Gartner) 魏格曼 (Weigmann) 諸氏早已注意及之，氏等曾謂：二品種或二原種雜交後，其雜種常有生長勢遠過於雙親之一方者（見第二章）。

雜種健全性不論天然自交或雜交之作物均有之，而以天然自交之作

物及天然異交作物之近親繁殖系爲特甚。煙草雜交後， $F_2$ 之產量，據依斯脫及海斯言，一般均較兩親之平均產量爲高，更有較兩親之任何一方爲高者。番茄之雜種勢，魏林頓 (Wellington)、海斯、瓊斯諸氏均有報告，海斯與瓊斯二氏以二種番茄雜交，本四年研究之結果，謂雜種中產量最低者，超過兩親之優者4%，最高者可超過10%，而平均爲15%，且成熟期亦較早熟之親種爲早。

雜種健全性不僅限於產量之增加與成熟之提早而已；整個植株之生長勢，均特別旺盛。茲舉瓊斯氏研究稻作雜交之結果如下：

植株高於親本之總平均 8.98%

穗之長度長於親本之總平均 2.12%

分蘗數多過於親本之總平均 6.50%

種子重量重於親本之總平均 110.15%

雜種發芽率亦常較自交種子者爲高，據瓊斯 (Jones, D. F.) 氏言可高出10%。抵抗不良環境力量之增加，尤爲雜種常有之現象，葛納脫 (Gernert, W. B.) 及瓊斯二氏於玉蜀黍中均曾發現雜種抗病蟲害能力之特強者。

阿雪貝 (Ashby 1930—33) 氏舉行玉蜀黍及番茄等雜交試驗，謂雜交種子常具有較重而大之胚胎，於是在生長初期，幼苗之生長特別強健。可知雜種優勢不特表現於 $F_1$ 植株，即在當年母本上雜交種子之胚胎，已有影響矣。Passmore 女士以南瓜 (*Cucurbita pepo*) 爲雜交材料，氏以大種子及小種子之品種舉行正反交。如以大種子者爲母本，則後代之種子亦大；反之亦小。以大種子爲母本所產之雜種，在最初數星期內，其幼苗之葉數及大小與小種子者有顯著之差異，但六十四天之後，則此種差異不甚顯著。

Balls (1905)、Ware (1921)、Brown (1931)、Kime 及 Tilley (1947) 諸氏舉行棉花雜交時，亦發現棉花之雜種優勢謂 $F_1$ 之植株較高（由於節多或節間長度增加所致），開花期早，花數增加達36.6%，種子



重量增加至20%，衣指增高。

雜種健全性與自交後生長勢減退，實一而二，二而一之現象。概而言之，親緣不同之二作物雜交後，雜種常特別健全；然自交後，又驟減退。通常天然雜交之作物，其本身恆為一雜種，具備雜種勢，自交後生長勢驟形減退者，即由於雜種勢之喪失也。天然自交作物本身恆為純種，不具雜種勢，故自交後無生長勢減退之現象。

### 顯性連鎖因子說

雜種勢之原因如何？據達爾文(Darwin)等氏之意，以為植物均利於雜交而不利於自交。許爾氏(Shull, G. H.)等則謂植物經雜交後，由於異質因子之結合，生理上即發生一種刺激作用，使生長勢增加，氏等之結論如下：

1. 天然雜交作物近親繁殖後，生長勢之減低與天然自花授粉作物雜交後，生長勢增加，實為同一現象，均由於異質因子之作用。
2. 因子在異質狀態時，對植物之生長有刺激作用，異質之程度愈甚，則生長勢之增加亦愈甚，許爾氏稱曰異質刺激(Heterozygotic Stimulation or Stimulus of Heterozygosis)。
3. 近視繁殖之本身並無害於植物。不過因近視繁殖後，可使因子異質結合分離而為同質接合，故能使生長勢減低；而遠視繁殖之有利者，即因增加異質結合故也。

彼等之解釋，固亦近理，然所謂刺激作用之生理性質究竟如何，則不知也，故亦難使吾人徹底置信。

英人啓爾(Keeble, F. 1910)及比羅(Pellew, C.)二氏創顯性連鎖生長因子說(Dominant Linked Growth Genes)，後由瓊斯(Jones, D. F.)及衣司脫(East, E. M.)二氏證明其真確無誤。瓊斯之解釋，並為李菊(Richey, F. D. 1927)及Sprague, G. F. (1918)二氏以玉蜀黍聚合改良(Convergent Improvement Data)之結果支持之。氏等謂植物之各種生長勢，恆受多數顯性因子之作用，每一顯性因子，致成一定量之生長勢。

此等因子並非完全分處於不同染色體上，而有連繫現象，某一顯性因子常與某一隱性因子密切連繫。以是在純種中，決不能得各種顯性因子完全相聚之結合，或則含有此數顯性因子；或則含有彼數顯性因子。一旦二者雜交，各顯性因子聚於一處，生長達最高量，以是而造成所謂雜種勢。茲舉例以明之：玉蜀黍之產量為多數因子之作用，為簡便計，假定其為 ABCD 四因子，此等因子均為完全顯性，不問同質異質，例如 AA 或 Aa 均可致 10 單位之產量，若二個重疊，則可得 20；三個重疊，則可得 30；四個重疊，則可得 40。通常產量高之品種，其中所含並非完全顯性因子；而產量低者亦非率皆隱性因子，惟產量高者較產量低者含有較多之顯性因子而已。例如有一種玉蜀黍之因子型為 AABBCcdd，有三顯性因子，產量應為 30；另一種玉蜀黍之因子型為 aabbccDD，僅一顯性因子，產量應為 10，二者雜交後，F<sub>1</sub> 之因子型為 AaBbCcDd，四顯性因子相聚而成異質接合體，產量應為 40，較父母均高，是故所謂雜種勢者，由於兩親之顯性因子，因雜交而會合故也。

F<sub>1</sub> 自交後，其後代又複分離，以是而雜種勢逐漸減退。然 F<sub>2</sub> 中按理論應有 AABBCcDD 四顯性因子相聚而為同質接合體，其產量為 40 較兩親高而後代不複分離，豈非可永保雜種所顯之優勢乎？然此種情形恆不常發現，蓋前已言之，此數因子決難完全分處於不同之染色體上。換言之，因子間必有高度連繫現象也。例如假定顯性因子 C 常與隱性因子 d 為完全連繫 (Complete Linkage)，不相分離；則 F<sub>1</sub> 後代中，便決無 AABBCcDD 可以出現矣。

拉史姆遜 (Rasmusson, 1935) 氏以豌豆作試驗，發現因子型 Aa 者生長較 AA 及 aa 者為健全，氏連合顯性因子及連繫說解釋之：即顯性生長因子與其他因子相連繫。A 代表紅花因子，a 代表白花因子；V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub> 代表顯性生長因子；A 與 V<sub>1</sub>V<sub>2</sub> 密切連繫，a 與 v<sub>1</sub>v<sub>2</sub> 密切連繫。因此：

$$P_1 \frac{A V_1 v_2}{A V_1 v_2} \times \frac{a v_1 V_2}{a v_1 V_2}$$

$$F_1 \quad \frac{A V_1 v_2}{a v_1 V_2} \quad \text{雜種勢由於 } V_1 + V_2 \text{ 之作用。}$$

$$F_2 \quad \frac{A V_1 v_2}{A V_1 v_2} \quad , \quad \frac{A V_1 v_2}{a v_1 V_2} \quad , \quad \frac{a v_1 V_2}{a v_1 V_2}$$

$$1 \quad : \quad 2 \quad : \quad 1$$

因此具Aa異質因子型之紅花豌豆含有V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>二種顯性生長因子，故生長特別健全。

衣司脫 (East 1936) 氏謂雜交勢係遺傳及生理之相互作用。關於遺傳方面，氏仍重視顯性連繫生長因子說，但此等多數之因子，氏提議為複相對因子 (Multiple Alleles)，各因子對於生長之生理作用輕重不一。此種複相對因子有疊積作用 (Cumulative Effect)，惟無所謂顯性。氏定此等因子之符號為 A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>A<sub>3</sub>……等，即表示為多數相對因子。任何異質結合，如 A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>、A<sub>2</sub>A<sub>3</sub>、A<sub>2</sub>A<sub>3</sub> 之生理影響，均大於任何同質結合，如 A<sub>1</sub>A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>A<sub>2</sub> 及 A<sub>3</sub>A<sub>3</sub>。

海斯 (Hayes 1942) 氏謂雜種勢係一種數量遺傳，應為多數因子之作用，但同時對於生理方面亦須研究，以期獲得圓滿之解釋。

明乎雜種勢之原因，乃可知其頗與育種有密切關係，若干天然雜交作物如玉蜀黍等，吾人如直接選取自然界之優種而種之，其後代未必優，以其遺傳組織甚為複雜，俱備有雜種勢，必先行人工自交，使隱性之缺陷因子分離而出，始可。

其次二純系雜交後，既生長特別健全，吾人實可利用之以增加生產，此種方法玉蜀黍育種時常用之。雌雄同花之作物如小麥等，則難於利用此種方法。良以雜交手續太煩，大量種子產生不易，不合於經濟。惟烟草則為例外，蓋煙草雜交一花，即可產生無數種子也。

倘於果樹及其他作物一旦雜交成功後，即可用無性繁殖法繁殖者，則能永保其雜種勢而不衰，其效用更莫大焉。

## 討 論 問 題

1. 何謂近親繁殖及遠親繁殖？在育種上之不同點何在？
2. 試述人工雜交時之注意事項。
3. 試述高粱之溫水去勢法。
4. 試述小麥之低溫去勢法。
5. 試述水稻之各種去勢方法。
6. 試述Pecan之授粉方法。
7. 試述Red Clover之蜜蜂授粉法。
8. 試圖示小麥、豌豆、甘藍、高粱、玉蜀黍、大麻之花器構造及其去勢授粉之注意事項。
9. 試述雜種不孕之原因及其補救辦法。
10. 何謂極端不孕？
11. 何謂雜種勢？試以各種學說解釋其原因。
12. 試舉數例證明雜種勢之普遍。
13. 何以無性繁殖之作物容易維持雜種勢？

## 參 攷 文 獻

1. Aase, H. C. 1935, Cytology of Cereals. Bot. Rev. 1: 467—96.
2. Ashby, Eric, 1950. Studies on The Inheritance of Physiological Characters. I. A Physiological Investigation of The Nature of Hybrid Vigour in Maize. Ann. Bot. 44: 457—467.
3. Ashby, Eric, 1937. Studies on The Inheritance of Physiological Characters. IV. Hybrid Vigor in Tomato. Part. 1. Manifestations of Hybrid Vigor from Germination to The Onset of Flowering. Ann. Bot. (N. S.), 1: 11—41.
4. Atwood, S. S., 1940. Genetics of Cross-incompatibility among

- Self-incompatible Plants of *Trifolium repens*. *Jour. Am. Soc. Agron.*, 32: 955—968.
5. Atwood, S. S., 1941. Cytogenetic Basis of Self-compatibility in *Trifolium repens*. *Genetics*. 26: 137.
  6. Briggs F. N., 1935 The Backcross Method in Plant Breeding. *Jour. Am. Soc. Agron.* 27: 971—973.
  7. Brink. R. A. & D. C. Cooper, 1939. Somatoplastic Sterility in *Medicago sativa*. *Science*. 90: 545—546.
  8. Curtis, L. C. 1939. Heterosis in Summer Squash (*Cucurbita Pepo*) & The Possibilities of Producing F<sub>1</sub> Hybrid Seed for Commercial Planting. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 57: 827-828.
  9. Darwin, Charles, 1876. The Effects of Cross & Self-fertilization in The Vegetable Kingdom. D. Appleton Century Company, Inc., New York.
  10. Dickson, J. G. 1939. Diseases of Cereal & Forage Crops. Burgess Publishing Co., Minneapolis, Minn.
  11. Dorosey, E. 1936. Induced Polyploidy in Wheat & Rye. *Jour. Hered.* 27: 155—160.
  12. East, E. M. 1929 Self-sterility. *Bibliog. Genetica* 5: 331-370.
  13. East, E. M. 1924. The Reaction of The Stigmatic Tissue against Pollen tube Growth in Self-sterile Plants. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 20: 364—368.
  14. East, E. M. & D. F. Jones, 1919. Inbreeding & Outbreeding. J. B. Lippincott Company. Philadelphia.
  15. Harlan, H. V. & M. N. Pope, 1922. The Use & Value of Backcrosses in Small Grain Breeding, *Jour. Heredity*. 13: 319—32.

16. Hutchins, A. E. 1938. Heterosis in The Cucumber. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 36:660—664.
17. Jodon, N. E., 1938. Experiments on Artificial Hybridization of Rice. Jour. Am. Soc. Agron., 30:294—305.
18. Jones, D. F. 1917. Dominance of Linked Factors as A Means of Accounting for Heterosis. Genetics, 2:475—479.
19. Jones, D. F., 1918. The Effects of Inbreeding & Cross breeding Upon Development. Conn. Agr. Exp. Sta. Bull. 207.
20. Pathak, G. N. 1940. Studies in The Cytology of Cereals. Jour. Genetics 30: 437—467.
21. Richey, F. D., & G. F. Sprague. 1931. Experiments on Hybrid Vigor & Convergent Improvement in Corn. U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 267.
22. Shull, G. H., 1910. Hybridization Methods in Corn Breeding. Am. Breeders Magazine 1: 98—107.
23. Stephens, J. C., & J. R. Quinby 1933. Bulk Emasculation of Sorghum Flowers. Jour. Am. Soc. Agron. 25: 233—234.
24. U. S. Dept. Agr. Yearbook of Agriculture, 1936.
25. U. S. Dept. Agr. Yearbook of Agriculture, 1937.
26. Watkins, A. E. Genetical & Cytological Studies in Wheat, Jour. Genetics. 15: 323—366. 1925. Ibid. 18: 375—396. 1927. Ibid. 26: 55—90. 1931.
27. Whaley, W. G., 1939a. A Development Analysis of Heterosis in *Lycopersicum*. I. The Relation of Growth Rate to Heterosis. Am. Jour. Botany. 26; 609—616.
28. Whaley, W. G. 1939a. A Development Analysis of Heterosis in *Lycopersicum*. II The Role of The Apical Meristem in

- 
- Heterosis. *Am. Jour. Botany*. 26: 682—640.
29. Wright. Sewall, 1921. Systems of Mating. V. General Considerations. *Genetics*. 6: 167—178.

## 第十三章 染色體與育種

細胞爲生物構造之單位，原形質爲細胞之重要部分，細胞核爲原形質活動之中心，而細胞核之活動又完全表現於染色體。是以二十世紀之生物學者，藉顯微鏡技術（*Microtechnique*）之進步，咸致力於染色體之研究。日人山羽氏乃創“染色體學（*Chromosomology*）”之名詞，以代表近世之細胞形態學（*Cellular Morphology*）。於是關於染色體之構造、數目、行動，皆呈現於吾人之眼前。生物之進化、遺傳、變異諸謎得迎刃而解。即細微深奧之遺傳因子，其位置與作用亦可因此測定矣。由是言之，育種者如能控制生物細胞內之染色體，即能控制自然界之物種也；故本章討論染色體與育種之關係，藉以引起育種學者對染色體研究之興趣與重視。

### 第一節 染色體之構造

#### 一 染色體之形成

休止核之構造與染色體之形成及構造有相互關係。據 *Belar, Kuwada, Telezynski* 及 *Sharp* 諸氏所主張，休止核之構造非粒狀，亦非網狀，而爲纖細之絲狀結合。此絲狀體，曲彎成螺旋狀，稱曰染色線（*Chromonema*），埋藏於不易染色之基本物質（*Matrix*）內，在以蘇木色素染色極濃之材料中，可以窺見。而染色線因基本物質染色後，被其遮蓋，而無法辨明。染色線在前期（*Prophase*）當未成螺旋狀之先，已起縱裂。染色線即爲染色體所延伸者，將來縮短後，復形成染色體。染色線所縱裂之二條，即將來形成單染體（*Chromatid*）者也。然此縱裂之染色線雖爲二條，而行動頗爲一致，驟視之仍如一條，作螺旋狀。一般學者咸以爲染色線，自初即已裂成一定數之染色體，而散佈於休止核內。綜



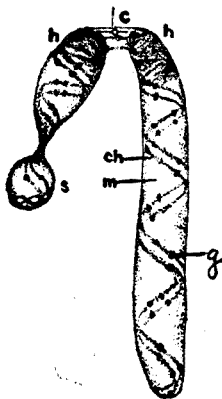
上所述，染色體之兩種主要構造物質(Two Main Structural Constituents)即不易染色之基本物質(Matrix)與極易染色之染色線(Chromonema)○。惟前者僅發現於有絲分裂之某一時期；而後者則在核分裂之過程中，完全存在。

在細胞分裂之前期，當不易染色之基本物質(Matrix)透明時，吾人尙可窺見染色較濃之染色粒(Chromomere)，沿螺旋之染色線而排列。故有若干學者，主張染色粒說(Chromomere Theory)：謂染色體由粒狀之染色粒所組成，此粒狀要素，殆如染色體本身各具特徵。換言之，即許多具有個性之染色粒，成爲一列而排列於染色體內。並謂染色線縱裂時，各染色粒皆分裂爲二。作者認爲上述二說並無衝突，蓋主張前說者，亦承認染色線上確有此微粒之染色粒；主張後說者，亦承認此種微粒之染色粒沿染色線而排列。

染色體較小之核，即核質極少時之核，在成爲休止核時，可見與染色體同數之“核質粒”(Chromoncentre)或稱“前染色體”(Prochromosome)○。據 Kuhn 氏(1929)之研究，此核質粒，在染色體形成前，即全部消失，似與染色體無關。但據 Heitz(1932)、Doutreligne(

1932)二氏之研究，謂此核質粒實爲形成染色體之中心，且爲染色體附着於紡錘絲(Spindle Fibre)之縱狹部。因此可以名爲“前染色體”之“核質粒”，我人不妨認爲即保存於休止核中之染色體。

茲圖示染色體之主要構成物質：一爲不易染色之基本物質，一爲染色較濃之染色線如左：



圖五十二 有絲分裂末期之體細胞染色體

(仿L. W. Sharp)

ch = 染色線(Chromonema)

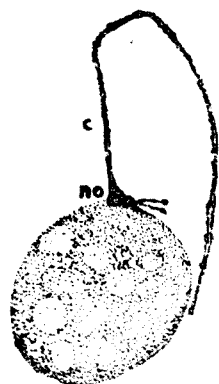
m = 不染色的基本物質(Matrix)

s = 附隨體(Satellite)

h = 染色較深之段節(Heterochromatic Region)

c = 縱狹(Kinetochore)

g = 染色粒(Chromomere)



圖五十三 減數分裂前期之玉蜀黍第六染色體

表示核仁機構 (仿 L. W. Sharp)

no = 核仁機構 (Nuclolus Orgauizer)

l.n. = 大核仁 (與核仁機構相銜接之球形物)

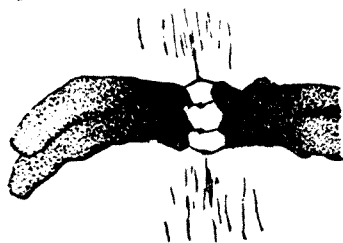
s = 附隨體 (Satellite)

c = 縊狹 (Kinetochore)

### 二 染色體之構造

染色體之構造，在細胞分裂之中期 (Metaphase) 及後期 (Anaphase)，最易看清，但亦繫乎染色

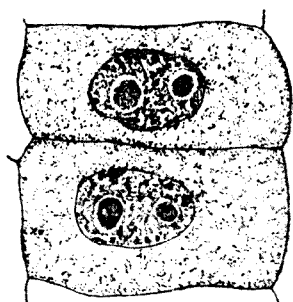
技術之精巧。構造染色體之主要部分為“縊狹” (Kinetochore) 及染色特強部分 (Heteropyknosis)。此二種構造見圖53及圖54，茲分述如次：



圖五十四 中期之 Trillium 體細胞

部分表示“縊狹”之構造 (仿 L. W. Sharp)

A. 縊狹



圖五十五 初形成之二個細胞表示

“核質粒”排列於兩核之相反的兩極 (仿 L. W. Sharp)

“縊狹” (Kinetochore) 亦稱“初次縊狹” (Primary Constriction)，或稱“Centromere”或稱“Kinomere”。專指紡錘線附着點所在之

染色體窄狹部分而言，故又稱“有絲縊狹”(Kinetic Constriction)。  
 ○此種縊狹，因染色不深，又稱為染色不深之段節(Achromatic Region)。見圖53之不染色部即為“縊狹”。其上下方向有紡垂線黏着於導粒(Leitkoerperchen)上。“導粒”即縊狹上之小黑點，為紡垂線之黏着點。

廣義言之，縊狹者，即染色體之某段節較其他部分為狹窄者也。  
 ○其在某染色體上之位置、長度及數目皆有一定，而各染色體間，則不相同。故我人可根據縊狹以區別各個染色體之形態。一染色體往往以此縊狹為界，其兩端則為兩臂(Arm)。縊狹之位置，大多在染色體之中央(Median)；或近於中央(Submedian)，或偏於一端(Terminal)，或近於一端(Subterminal)，於是兩臂之長度不同。縊狹之數目，通常僅有一處，但因染色體之性質而異，亦有二處、三處及多處者。如風信子、桃葉珊瑚及蠶豆等之染色體，有多數之縊狹。故縊狹之名稱有二：其為紡垂線所黏着之一段，稱曰“初次縊狹”(Primary Constriction, Kinetochore)；其他不為紡垂線所黏着者，稱“二次縊狹”(Secondary Constriction)，即除“初次縊狹”以外之縊狹也。此種“二次縊狹”在兩臂上均有之，或僅一臂有之。

## B. 染色特強部分

“染色特強部分”(Heteropyknosis)或稱“染色不同之段節”(Heterochromatic Region)，意即密度不同(Difference in Density)之謂也。專指一個染色體之全部或某一定部分之密度特高，染色特濃者，以區別密度較低、染色較淺之其他染色體或一染色體之其他部分而言耳。在細胞分裂之後期(Anaphase)染色後之染色體，不能顯明表示此染色特強部分，或竟完全不顯，但一至末期(Telophase)，則此染色不同部分(Heterochromatic Part)，變為緊密(Compactness)，且染色特濃(Stainability)，又赫然存在矣。

其染色較弱部分 (Euchromatic Parts)，常隨末期之變化而變形矣。(見圖54兩核之相反兩極之黑點即為染色特濃部分)。一般染色體之染色特濃部分 (Heteropyknosis)，常接近於縊狹 (Kinetochore)，如圖51圖54所示。在若干種植物，可根據休止核中之染色特濃物質 (Heterochromatic Masses)，即所謂“核質粒”(Chromocenters)，以數出染色體數目。然此種染色特濃之段節，可發現於染色體之任何部分，如核仁形成機構 (Nucleolus Organizer)，亦常為染色特濃者。就染色特濃部分之構造而言，乃由於染色綫之螺旋較密故也。如以 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 處理之，即可窺見其放鬆之螺旋。

至於染色特濃部分之重要性，目前尚未完全明瞭。或謂此種段節與核酸圈 (Nucleic Acid Cycle) 及核仁形成機構 (Nucleolus Organizer) 有密切關係，尙有待於異日之證明。按染色體在熱水中時，大部溶解為核酸。故核酸為染色體之主要成分，核仁中亦有核酸 (Ribonucleic Acid Compounds)，而核液中則無核酸。由此可知染色特濃部分與核仁形成機構及核酸釀成，必有密切關係在焉。

染色體除上述兩主要部分外，尙有各種構造，列述如下：

- a. 臂 (Arm) 縊狹分染色體為兩肢稱曰兩臂，臂之長度視縊狹之長度而異。如是造成染色體之各種形狀 (Shape) 如圖56所示：



圖五十六 染色體之各種形態 (模型圖仿Kihara)

- A. V形染色體 B. J形染色體 C. 一臂上有二次縊狹者  
D. 一端有乳頭之染色體 E. F. 有附隨體者 G. 乳頭上有角者

若縊狹位於染色體之中央，則平分兩臂為等長，於是成V形如圖56 如縊狹近於染色體之一端，則兩臂長度不等，於是成J形，

如圖 56 B；尚有縊狹在頂端，而有乳頭 (Koepfchen) 如 i 形 (圖 56 D)，染色體之臂 (Arm) 上，有“二次窄狹 (Secondary Constriction)”者，則此二次窄狹分臂為二段，由此所分成之另一段臂稱曰二次臂 (Secondary Arm)。吾人可根據臂之位置及數目，以識別染色體之形態。

b. 附隨體 附隨體或稱附屬染色體 (Satellite)，乃一種附着於染色體之一定地位上之微小粒子。有附隨體之染色體較為稀少，然植物中發現有附隨體之染色體者，約 130 種。附隨體常位於染色體之一端，(見圖 56 E, F)；然亦有不在染色體之一端，而在染色體之中央者，如蠶豆及番茄之染色體有之，但極為少見。附隨體之數目，有時不止一個，常有兩附隨體互相並蒂者，如玉蔥及桃葉珊瑚。附隨體與染色體之其他特徵相同。在一對相稱染色體 (Homologous Chromosome)，其附隨體之位置、大小、數目皆完全相同；但有時亦有大小不同者，有時尚有相稱染色體之一有之，其一缺如者，例如萬年青之一種，即有此種情形。相對染色體，常因附隨體之大小不同以及或有或無，於是在減數分裂及受精時，即發生許多組合，而在植物個體中造成核之多型 (Polymorphism) 現象，如此與生物外部之形態，亦有關係。吾人可由附隨體之構造及其有無，以區別染色體之種類。如做細胞內找尋相稱染色體時，尤以此為重要之目標。附隨體多呈球形，然有時其中央縊進而呈繭狀者 (如圖 56 F.) 亦有之。

c. 角 縊狹在染色體一端者，常於染色體之頂端有一個乳頭 (Koepfchen)，前已言之。有時往往在乳頭之先端，有代替附隨體而易之以細絲狀之突起物，一如昆蟲頭上之觸角，故名之曰角 (Seta)。有時稱連繫附隨與乳頭或臂之絲亦曰角，然嚴格言之，兩者實無區別。有人且以為角本為附隨體之螺旋絲所伸長者，蓋不具附隨體而僅有角者，實由於附隨體內之螺旋絲構造延伸之

後，失掉基本物質 (Matrix) 之所致也。

d. 核仁形成機構 上述核仁形成機構 (Nucleolus Organizer)，亦為染色特強之部分。由於此部分之活動，核仁即於細胞分裂之中期形成。圖52表示核仁形成機構與一個大核仁相連接，此為玉蜀黍第六染色體上所見者。McClintock 氏稱此機構曰核仁構成體 (Nucleolar-organizing Body) 或核仁構成元素 (Nuclear-organizing Element)。Fernandes 氏稱為核仁構成段節 (Regien Nucleol genique)，乃名異而所指相同也。此種機構，當染色體縮成緊密粗短時，往往不見。故觀察時須特別仔細，且須在染色體未縮成粗短以前觀察之。植物核仁之位置及數目常與核仁形成機構之位置及數目有關。

e. 導粒 導粒 (Kinomere 或稱 Leitkoerperchen) 之位置相當於紡錘線之黏着點。Tranowsky 氏 (1930) 謂多數植物之染色體縱狹帶上，往往在相當於紡錘線附着點處，有數個導粒；Sharp 氏亦有相同之說明；(見圖53縱狹帶上之黑點即代表導粒)。

染色體之大小 (Size) 常因生物種類、組織部分、生物生長時期、生物之營養以及製切片時之固定 (Fixation) 方法而異。就一般染色體之形態而言，在細胞分裂後期 (Anaphase) 所見之染色體，其長度為  $1-2\mu$ ，其寬度約為  $1\mu$ 。小麥之染色體最長者達  $7.7\mu$ ，最短者不過  $3.8\mu$ 。Crepis 之染色體長度為  $2-10\mu$ ，果蠅之染色體，大者長達  $3.2\mu$ ，小者長僅  $0.2\mu$ 。由此可見生物染色體之大小，非特品種間差異懸殊，即同一生物細胞內之染色體大小亦大有差異。育種者可據此以區別作物之種類，並可認識某作物染色體之種類，而定其號數及名稱。

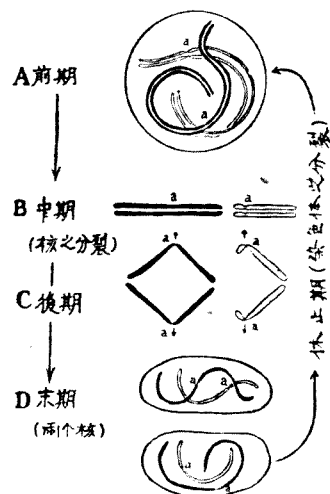
## 第二節 染色體之行動

吾人於第五章第三節已詳述體細胞之有絲分裂 (Somatic Mitosis)

及生殖細胞之減數分裂 (Meiosis)，茲專以染色體為目標，分述此兩種細胞分裂時之染色體行動如次：

### 一體細胞有絲分裂時之染色體行動

植物之生長，端賴細胞之分裂。當細胞分裂之過程中，在休止時期



(Resting Stage) 之細胞核內，染色體不易辨別；及至細胞分裂之前期 (Prophase)，即可窺見纏繞、纖細而已縱裂之染色線 (Chromonema)，即將來形成染色體 (Chromosome) 者也 (圖五十七A)；此後染色線漸漸收縮，變為粗短之棍狀 (Rod-like) 染色體，乃隨機排列於細胞之赤道 (Equator) 上，(圖五十七B) 此時吾人稱曰中期 (Metaphase)。由一條染色體縱裂後之二條單染體 (Chromatids)，至此開始向細胞之兩極相背移動。綫索 (Kinetochore) 為紡錘線所黏着而引牽，(圖五十七C)，此時稱曰後期 (Anaphase)。當此種單染體到達細胞之兩極後，仍進入休止期，各為新形成之細胞壁所包圍，

圖五十七 兩條染色體在體細胞有絲分裂過程中所經過之各種變化 (仿Darlington氏)

將兩核隔離，造成兩個子細胞。每個子細胞所含之染色體數目及性質與親細胞 (Parent Cell) 完全相同，(圖五十七D)。在休止期間染色體仍伸纏繞如原狀，繼又縱裂為二，進行另一次分裂而形成更多之細胞。如此循環不息，細胞增殖而植物體乃生長發育矣。此種體細胞之分裂，稱曰有絲分裂 (Mitosis)。此種分裂之結果所最堪注意者，即在植物之整個生活史中，染色體之數目永久不變；每個細胞之核組織，亦完全相同。換言之，即植物自發芽生長以至結實成熟，其生理，形態雖經過種種變

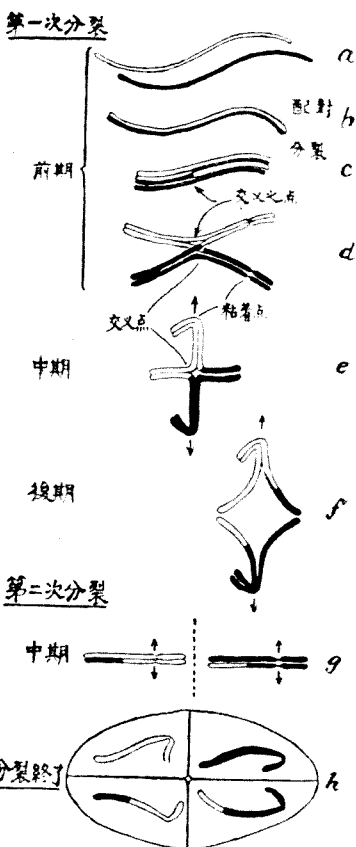
化，而染色體仍維持原狀不變。故吾人以無性繁殖法所產生之新個體，其遺傳組織與母體完全相同，如無突變發生，永遠不變者，多由此也。

## 二 生殖細胞減數分裂時之染色體行動

大多數高等植物為有性繁殖。 第一次分裂

乃由雌雄個體產生雌雄配偶子，如花粉(Pollen)及胚珠(Ovule)，經受精作用而連合為一個接合子(Zygote)，此接合子即為產生植物新個體之原始細胞。設生殖細胞內含有體細胞所有之染色體數，則受精後之接合子，其所含染色體數目將倍于親代所原有矣。如此代代加倍，則今日之植物其細胞內染色體數目之多，將不堪設想。然事實上各種植物，皆有固定之染色體數目，不增不減，其故何耶？曰：生殖細胞必經減數分裂故也。蓋生殖細胞經減數分裂後，已將原有之染色體數減少一半，於是雌雄配子受精結合後，復恢復原數。由此言之，減數分裂實為生物保持品種之重要現象也。

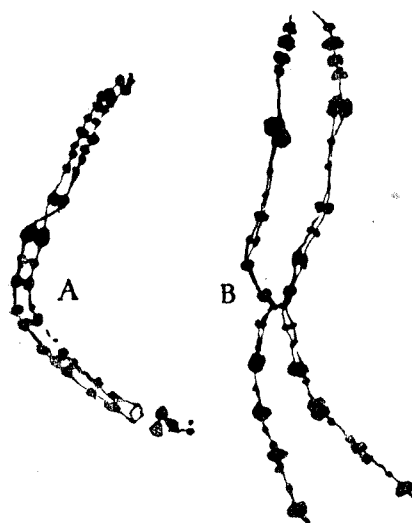
減數分裂，乃進行於生殖細胞形成時之一種特殊有絲分裂 (A. Special Kind of Mitosis)。當染色



圖五十八 兩條染色體在減數分裂時所經過之種變化(仿Darlington)



體於一次分離時，即完成二次核分裂。細胞開始減數分裂時，染色線並未預先縱裂（圖 58 a），但見染色線上有許多珠狀染色粒排列其上。此種珠狀染色粒之大小與距離，並不相同；但一對相稱染色體上之珠狀染色粒，則頗為一致（圖 59 A）。當染色體配對完成時（圖 58 b），



圖五十九 *Lilium pardalinum* 之前期染色體（表示一對相稱染色體上之珠狀構造其距離與大小皆相對稱（仿 Belling））

每個染色體開始縱裂為二，與細胞之有絲分裂相似，結果構成四個單染色體（Chromatids），彼此緊緊連繫（圖 58 c）。隨即成對分離，惟此時常發現此四染色體（Tetrad）於某點發生纏繞（圖 58 d）或互換段節。換言之，四個單染色體（Chromatids）常於交叉點（Chiasma）發生交叉（Cross Over）。並於交換點形成十字形（圖 58 e）。交叉點發生之位置及次數，常因染色體之長度而異。此種段節之交換，對於遺傳學者及育種學者極為重要，蓋由此交換之結果，可以產生新結合之性狀也（圖五十八 f）。經過前期後即進入中期（

Metaphase），配對之染色體更為縮短。乃隨機向赤道板移動。而單染色體間段節之交換，亦於此時完成（圖 58 e）。當後期（Anaphase）開始時，每對染色體之一個染色體，乃各自分佈於相反之兩極。非如體細胞有絲分裂時之為各個染色體之半數也。（圖 58 f）。因每對染色體之一個染色體在中期時各向兩極分開，故減數分裂之後期已完成由雙親而來兩染色體之分離復合（Segregation and Recombination）現象，並已將

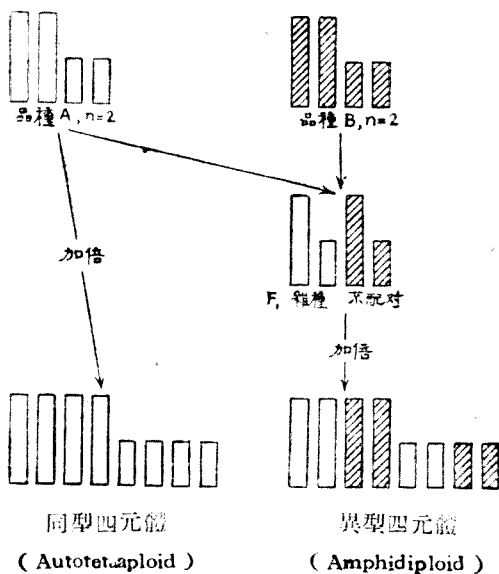
分入每個女細胞之染色體由原來之總數減為一半矣。染色體到達兩極後，經過短時期之休止，即開始第一次分裂。此後之行動與在體細胞有絲分裂時完全相同，蓋此時染色體復縱裂為二，各向二極移動，而造成不同之女細胞，（圖 58 g）。

經此二次分裂後，乃形成四個女細胞。每個女細胞內各有含體細胞內染色體之半數（圖 58 h）。若雌雄配偶子受精連合後，形成新個體時，其體細胞內之染色體又恢復為原數。

### 第三節 植物染色體之數目

#### 一 染色體數目之類別

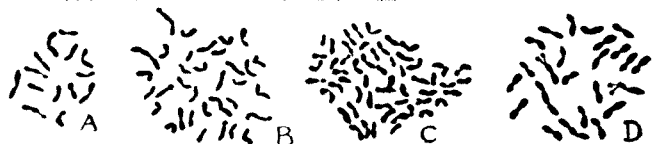
自 Strasburger (1882) 及 Guignard (1885) 二氏發現同種生物之細胞內，染色體常為同數之事實以後，引起學者之興趣，乃奮起研究，始知各種生物之細胞內，皆有一定之染色體數目。且由上述體細胞有絲分裂及生殖細胞減數分裂之研究，知生殖細胞內所含之染色體為單價 (Univalent)，以  $x$  代表之，稱曰單元體 (Haploid)。體細胞所含之染色體數為二價 (Bivalent)，以  $2x$  代表之，稱曰二元體 (Diploid)。然生物品種間因演化、變異、遺傳三種關係，染色體數目常有異常現象。或為基本數之多倍 (Euploid) 稱多元體 (Polyploid)；或為基本數之非倍數 (An euploid)，稱異元體 (Heteroploid)，已於第四章第四節詳細敘述，不贅。惟多元體品種之構成，有二種情形：一為同質多元體 (Autopolyploid)，即由某品種本身之染色體加倍而來；一為異質多元體 (Allopolyploid)，即為兩個不同品種雜交後之雜種，再加倍而來。此兩種情形在植物界中常有發現，特圖示如下：



圖六十 表示同型四元體由原品種之接合子染色體加倍而來，異型四元體由二品種之雜種因染色體不同不能配對經配偶子或接合子之染色體加倍而來

目前栽培之植物，其染色體數目常為多倍現象，例如小麥品種間之染色體數目有： $n=7$ 、 $n=14$ 、 $n=21$ 三類；菊花品種間染色體數目更為複雜，有： $n=9$ 、 $n=18$ 、 $n=27$ 、 $n=36$ 、 $n=45$ 各類。此種同屬中有不同之多元體品種者，稱曰多元體種 (Polyploid Species)。於是各種間之外形，亦各不相同。多元體之名稱如下：三元體 (Triploid)、四元體 (Tetraploid)、五元體 (Pentaploid)、六元體 (Hexaploid)、七元體 (Heptaploid)、八元體 (Octaploid)、九元體 (Enneaploid)、十元體 (Decaploid)。較十元體更多者，則不常見，即有之，可用十一元體 (11-Ploid)、十二元體 (12-Ploid) 等稱之。

非倍數之染色體數變異 (Aneuploid) 亦有兩種情形：一為較單價數之倍數 (Multiple of Monoploid No.) 減少者，稱曰“Hypoploid”如 $2n-1$ 、 $2n-2$ 等；一為較多者，稱“Hyperloid”如 $2n+1$ 、 $2n+2$ 等；此種情形在栽培之植物中較少，然亦有之。作物育種者，欲舉行雜交育種者，當先明瞭作物品種間、種間及屬間之染色體數目。茲為讀者便於參考起見，特將各種重要栽培作物之染色體數目，列表如下：



圖六十一 下列四種作物之體細胞染色體

A. 樹莓 (Var. Superlative Diploid  $2x=14$ )，B. 蘋果 (Var. Worcester Pearmain, Secondary Polyploid  $2x=34$ )，C. 草莓 (Var. Keen's Seepliny, Octoploid  $8x=56$ )，D. 番茄 (Diploid  $2x=24$ )

植物染色體數目表

禾穀類作物	n	(承上)	n
Triticum 小麥		sativa 栽培燕麥	21
monococcum 一粒小麥	7	byzantina	21
dicoccum 二粒小麥	14	nuda 裸燕麥	21
durum 硬粒小麥	14	Hordeum 大麥	
spelta 土卑爾脫小麥	21	distichon 二稜大麥	7
vulgare 普通小麥	21	deficiens 二稜大麥	7
Avena 燕麥		vulgare 六稜大麥	7
brevis	7	jabatum	14
strigosa	7	nodosum	21
bartata	14	Secale cereale 黑麥	7
farua 野燕麥	21	Fagopyrum esculentum 蕎麥	8

(承上)	m	豆科作物	n
<i>Oryza sativa</i> 水稻	12	<i>Glycine soja</i> 大豆	20
<i>Zea mays</i> 玉蜀黍	10	<i>Lespedeza</i> sp.	9,10,18
<i>Sorghum halepensis</i> 約翰草	20	<i>Medicago falcata</i> 苜蓿	8,16
<i>S. vulgare</i> 蘆粟、高粱	10	<i>M. sativa</i> 苜蓿	16
var. <i>sudanensis</i> 蘇丹草	10	<i>Melilotus alba</i>	8
飼料作物		<i>M. officinalis</i>	8
<i>Agropyron cristatum</i> 鶩觀草	7,14	<i>Pisum sativum</i> 豌豆	7
<i>A. paniciflorum</i> 鶩觀草	14	<i>Trifolium hybridum</i>	8
<i>Agrostis alba</i> 紅頂草	21	<i>T. pratense</i>	7,19
<i>Alopecurus pratensis</i> 狐尾草	14	<i>T. repens</i>	8,12,14,16
<i>Andropogon furcatus</i> 藍程草	35	<i>Vigna sinensis</i> 豇豆	12
<i>A. scoparius</i> 小藍程草	20	纖維作物	
<i>Bromus inermis</i> 掃帚草	21,68	<i>Cannabis sativa</i> 大麻	10
<i>Dactylis glomerata</i>	14	<i>Gossypium</i> sp. 棉花	13,26
<i>Elymus canadensis</i> 野黑麥	14	<i>Linum usitatissimum</i> 亞麻	15,16
<i>Festuca elatior</i>	7,14,21,35	糖料作物	
<i>Lolium italicum</i>	7	<i>Beta vulgaris</i> 甜菜	9
<i>L. perenne</i>	7	<i>Saccharum officinarum</i> 甘蔗	40-63
<i>Panicum miliaceum</i> 糜子	18,21	刺戟類作物	
<i>Phalaris arundinaceae</i>	7,14	<i>Coffea</i> sp. 咖啡	11,22,33,44
<i>Phleum pratense</i>	21,7	<i>Nicotiana tabacum</i> 烟草	24
<i>Poa compressa</i>	7,21,28	<i>Thea sinensis</i> 茶	12,13,15,22-23
<i>P. pratensis</i>	14,49±		

油料作物	n	(承上)	n
<i>Aleurites</i> sp. 桐油	11	<i>C. pepo</i> 美國南瓜	20
<i>Arachis hypogaea</i> 花生	10, 20	<i>Daucus carota</i> 胡蘿蔔	9
<i>Linum usitatissimum</i> 亞麻	15, 16	<i>Fragaria</i> 草莓	
<i>Sesamum indicum</i> 芝麻	26	<i>chiloensis</i> 智利草莓	28
		<i>elatior</i>	21
		<i>grandiflora</i>	28
		<i>vesca</i> 野生草莓	7
		<i>virginiana</i> 深紅草莓	28
蔬    菜		<i>Lactuca sativa</i> 萵苣	9
<i>Allium cepa</i> 洋蔥	8	<i>Lens esculenta</i> 扁豆	7
<i>A. porrum</i> 蔥	16	<i>Lycopersicum esculentum</i> 番茄	12
<i>Apium graveolens</i> 芹	11	<i>Nasturtium officinale</i> 豆瓣 菜	16, 26
<i>Asparagus officinalis</i> 石 刁柏	16	<i>Pastinaca sativa</i> 美洲防風	11
<i>Beta vulgaris</i> 甜菜	9	<i>Phaseolus vulgaris</i> 四季豆	11
var. <i>cicla</i> 廣葉甜菜	9	<i>P. lunatus</i> 菜豆	11
<i>Brassica</i>		<i>Pisum sativum</i> 豌豆	7
<i>campestris</i>	10	<i>Raphanus sativus</i> 蘿蔔	9
<i>Napo-campestris</i>	28	<i>Rheum raphonticum</i> 食用 大黃	22
<i>Napus</i> (Sweede)	18	<i>Solanum melongena</i> 茄子	12
<i>oleracea</i> 甘藍	9	<i>S. tuberosum</i> 洋番薯	24
<i>rapa</i> 蕪菁	10	<i>Spinacia oleracea</i> 菠菜	6
<i>Capsicum annum</i> 辣椒	12		
<i>Chrysanthemum coronariu</i> m 茼蒿	9	果    樹	
<i>Citullus vulgaris</i> 西瓜	11	<i>Citrus</i>	
<i>Cucumis melo</i> 甜瓜	12	<i>grandis</i> 葡萄柚	9
<i>C. sativus</i> 胡瓜	7		
<i>Cucurbita moschata</i> 中國 南瓜	20		

(承上)	n	(承上)	n
<i>limonia</i> 檸檬	9	<i>strigosus</i> 美國赤樹莓	7
<i>sinensis</i> 甜橙	9,18	<i>vitifolius</i> 西方匍匐樹	28
<i>Cydonia vulgaris</i> 溫橙	17	<i>Vitis</i> 葡萄	
<i>Malus</i>		<i>labrusca</i> 美洲葡萄	19
<i>baccata</i> 林檎子	17	<i>vinifera</i> 歐洲葡萄	19
<i>coronaria</i> var. <i>floribunda</i>	34	<i>gigas</i>	38
<i>malus</i> 蘋果	17	觀賞作物	
<i>prunifolia</i> 海棠果	17	<i>Abutilon hybridum</i> 花苘麻	8
<i>Prunus</i>		<i>Aconitum</i> 烏頭	
<i>americana</i> 美國李	8	<i>heterophyllum</i>	8
<i>amygdalus</i> 扁桃	8	<i>Stoerkianum</i>	12
<i>armeniana</i> 杏	8	<i>Napellus</i> 烏頭花	16
<i>avium</i> 甜櫻桃	8	<i>palmatum</i>	21
<i>domestica</i> 歐洲李	24	<i>Wilsoni</i>	32
<i>cerasus</i> 酸櫻桃	16	<i>Aesculus</i>	
<i>persica</i> 桃	8	<i>Hippocastanum</i> 歐洲七葉樹	20
<i>Pyrus</i>		<i>carnea</i>	40
<i>calleryana</i> 鹿梨	17	<i>Anchusa</i> 牛舌草	
<i>communis</i> 西洋梨	17	<i>capensis</i> 海角牛舌草	8
<i>serotina</i> 砂梨	17	<i>ochroleuca</i>	12
<i>Ribes</i> sp. 醋栗	8	<i>italica</i> 牛舌草	16
<i>Rubus</i> 樹莓		<i>Antirrhinum majus</i> 金魚草	8
<i>idaeus</i> 赤樹莓	7	<i>Arabis</i>	
<i>neglectus</i> 紫葳樹莓	7	<i>albida</i> 南芥菜	8
<i>laciniatus</i>	14	<i>hirsuta</i>	16
<i>Loganberry</i>	21		

(承上)	n	(承上)	n
<b>Berberis</b> 小檗		<i>coccinea</i>	16
<i>Darwinii</i>	14	<i>variabilis</i> 大罌菊	32
<i>buxifolia</i>	28	<i>Merckii</i>	18
<b>Callistephus chinensis</b> 翠菊	9	<b>Datura Stramonium</b> 曼陀羅	12
<b>Campanula persicifolia</b>	8	<b>Digitalis</b> 自由鐘	
var. <i>Telham Beauty</i> 桃葉鐘花	16	<i>ambigua</i> 黃自由鐘	28
<b>Cheiranthus</b>		<i>purpurea</i> 自由鐘	28
<i>Cheiri</i> 桂竹香	7	<i>mertonensis</i>	56
<i>cinereus</i>	14	<b>Delphinium</b> 飛燕草	
<i>Allionii</i> 七里黃	21	<i>nudicaule</i>	8
<b>Chrysanthemum</b>		<i>elatum</i>	16
<i>corinatum</i> 花環菊	9	<i>belladonna</i>	24
<i>coronarium</i> 高蒿菊	9	<b>Hyacinthus</b>	
<i>japonicum</i> 濱菊	9	<i>orientalis</i> 洋水仙	
<i>indicum</i> 野菊	18	var. <i>Homerus</i>	8
<i>Leucanthemum</i> 牛眼菊	18	<i>Lady Derby</i>	12
<i>morifolium</i> 菊花	27	<i>La Grandesse</i>	14
<i>Decaisneanum</i>	36	<i>Totula</i>	15
<i>arcticum</i>	45	<b>Hydrangea</b>	
<b>Crepis dioscoridis</b> 黃鵪菜	4	<i>paniculata</i> <i>praecox</i> 早花水亞木	36
<b>Crocus vernus</b> 番紅花	4, 9, 16/2	<i>petiolaris</i> 藤繡球	18
<b>Cydonia</b>		<b>Iris</b>	
<i>japonica</i> 貼梗海棠	17	<i>pallida</i>	12
<i>Maulei</i> 倭海棠	17	<i>trojana</i>	24
<b>Cytisus Adami</b> 金雀花	24	var. <i>azurea</i>	18
<b>Dahlia</b>		<i>Magnifica</i>	30
		<i>chamaeiris</i>	20



(承上)	n	(承上)	n
<i>germanica</i> 德國萬蒲	22	<i>albiflora</i> 芍藥	5
<i>Lathyrus odoratus</i>	7	<i>Bakeri</i>	10
<i>Lilium</i> 百合		<i>Pelargonium</i> 天竺葵	
<i>Martagon</i> 頭中百合	12	<i>hortorum</i> 環紋天竺葵	9
<i>regale</i> 千葉百合	12	<i>zonale</i>	9, 18
<i>speciosum</i> 豔百合	12	<i>roseum</i>	36, 72
<i>tigrinum</i> 卷丹	12, 18	<i>Phaseolus multiflorus</i> 紅 花菜豆	11
<i>Linaria reticulata</i> 綉紋鈴 乃利	6	<i>Philadelphus coronarius</i> 太 平花	13
<i>Linum</i>		<i>Primula</i>	
<i>grandiflorum</i> 花亞麻	8	<i>kewensis</i> 櫻草	9, 18
<i>perenne</i> 宿根花亞麻	9	<i>acaulis</i> 草花櫻草	11
<i>Lunaria annua</i> 銀扇草	15	<i>elatior</i> 半唇櫻草	11
<i>Lythrum salicaria</i> 千屈菜	15, 25	<i>officinalis</i> 黃花九輪草	11
<i>Matthiola incana</i> 紫羅蘭花	7	<i>sinensis</i> 中國櫻草 (藏 報春)	12, 24
<i>Nacissus</i> 水仙		<i>Rosa</i> 薔薇	
<i>bulbocodium</i> 圍裙水仙	7, 21, 35/2	<i>acicularis</i>	7, 21
<i>poeticus</i> 口紅水仙	7, 14, 21/2	<i>Banksiae</i> 木香花	28
<i>Pseudonacissus</i> 喇叭水仙	7	<i>Hugonis</i> 黃薔薇	7
<i>incomparabilis</i> 橙黃水仙	7, 21/2	<i>moschata</i> 麝香薔薇	7
<i>Jonquilla</i> 黃色水仙	7	<i>multiflora</i> 野薔薇	7
<i>polyanthus</i>	14	<i>rugosa</i> 玫瑰	7
<i>Tazetta</i> 法國水仙	10, 11 15, 16	<i>Wichuriana</i> 光葉薔薇	7
<i>Oenothera muricata</i> 月見 草	7	<i>laxa</i>	14
<i>Paeonia</i>		<i>canina</i>	35/2
<i>Delavayi</i> 紫牡丹	5	<i>Moyesii</i>	21
<i>suffruticosa</i> 牡丹	5		

(承上)	n	(承上)	n
<i>Rudbeckia hirta</i> 黑心菊	19	<i>pallidum</i>	36
<i>Saxifraga</i> 虎耳草		<i>Verbascum</i> 毛蕊花	
<i>granulata</i>	24	<i>Blattaria</i>	16
<i>rosacea</i>	32	<i>Ternacha</i>	24
<i>potternensis</i>	40	<i>maurum</i>	32
<i>Solanum nigrum</i> 龍葵	36	<i>Verbena</i>	
<i>Tropaeolum majus</i> 金蓮花	14	<i>hybrida</i> 美女櫻	5
<i>Tulipa</i>		<i>canadensis</i>	15
<i>Clusiana</i>	12, 24, 30	<i>officinalis</i> 馬鞭草	7
<i>chrysantha</i>	12, 24	<i>litoralis</i>	14
<i>Gesneriana</i> 鬱金香	12, 18	<i>venosa</i>	21
<i>Vaccinium</i> 越橘		<i>corymbosa</i>	28
<i>atrococcum</i>	12	<i>Viola tricolor</i> 三色堇	13
<i>angustifolium</i>	24		

## 二、染色體組 (Genome) 之分析

上數章曾屢次提及染色體組，均未加解釋，故於本節討論之。所謂染色體組即染色體之一組 (One Set of Chromosome) 也。上章曾述及染色體組亦稱因子系，原意為生活之單位，且指單元體之全組染色體而言。茲將染色體組之意義分條說明如下：

1. 同一染色體組內之各遺傳因子，組成一個因子系，故無重複因子；但異組間之因子，可有重複現象。

2. 構成染色體組之各個染色體，必以全力協同生活現象，缺一即失其正常之活力，此即染色體組學說也。

3. 一個染色體組內之染色體數目因作物而異，如小麥、大麥、燕麥、黑麥、鶯觀草、野小麥皆為7；高粱、玉蜀黍為10；棉花為13；白菜、柑橘、菊花為9。如吾人以“n”代表一個染色體組（不論組內染色體

數目之多少)，則吾人可以 $1n$ 表示一個染色體組； $2n$ 表示兩個染色體組， $3n$ 表示三個，餘類推。故此時所用之“ $n$ ”實與前述之“ $X$ ”有別。蓋 $X$ 及 $2X$ ，吾人用以代表配偶子及接合子之染色體數之為單價及雙價。而 $n$ 、 $2n$ 、 $3n$ 等，吾人用以表示一個、二個、三個等染色體組數目也。

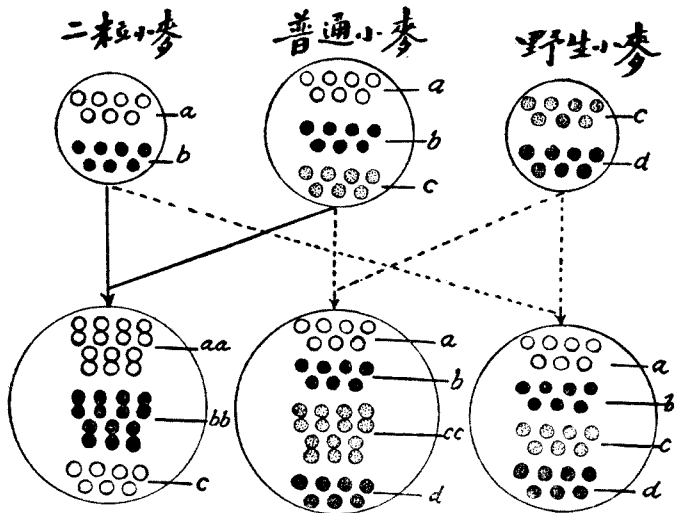
品種間染色體組數在動物方面甚少變化；而在植物方面則變化較多，茲以小麥染色體組之分析，說明染色體組之演化。

原品種	A	B	C
染色體組	aa	bb	cc
染色體數目	$(2x) 2n=14$	$2n=14$	$2n=14$
配偶子	$(x)n=7a$	$n=7b$	$n=7c$
A×B雜種	$(2x) 2n=7a+7b$ (不結實)		
染色體加倍	$(2x) 4n=7a_{II}+7b_{II}$ (即二粒小麥類) 四元體		
配偶子	$(x) 2n=7a+7b$	$n=7c$	
(A×B)×D雜種	$(2x)$	$3n=7a+7b+7c$	三元體(不實)
染色體加倍	$(2x)$	$6n=7a_{II}+7b_{II}+7c_{II}$ (即普通小麥類) 六元體	
配偶子	$(1x)$	$3n=7a+7b+7c$	

由上表可知目前所栽培之普通小麥，含有a、b、c，三個不同之染色體組，其接合子每組染色體均為二價(Bivalent)，實含有六個染色體組，故稱六元體( $6n$ )，由二粒小麥類含有aabb染色體組者，與含c染色組之原種雜交而來。二粒小麥為四元體( $4n$ )係含有a、b兩種染色體組之原種雜交而來。表內(x)及(2x)分別代表配偶子及接合子時之染色體數為單價或雙價。惟此處代表雙價時，如為三元體者，實際上僅有一部分染色體可以配對而成二價，一部分不能配對而成單價(Univalent)。此外尚有多價(MultiValent)者，但以其來自兩親，染色體數目為二親之和，故仍以 $2x$ 代表之，較為妥善。

染色體組之性質及數目之不同，不特影響生物性狀之遺傳，且影響

生物個體之大小，與夫血統之遠近。故近世細胞學家、遺傳學家、作物育種學家及分類學家莫不重視。茲再圖示 **Gaines** 及 **Aase** 二氏關於小麥染色體組之分析，以表示染色體組之性質與數目及品種間之相互關係：



圖六十一 二粒小麥普通小麥及野生小麥染色體組之分析，a.b.c.d. 代表不同之染色體組，每組各含七個染色體，注意同種染色體組內染色體可以配對，否則不能配對。(仿 **Gaines** 及 **Aase**)

上圖表示普通小麥 (*T. Vulgare*) 與圓錐小麥 (*T. turgidum*) 皆含有 a.b 染色體組，各有七個染色體，而為野生小麥所無有；普通小麥與野生小麥皆有 C 組七個染色體，而為圓錐小麥所無有；野生小麥尚有 d 組七個染色體，而為普通小麥及圓錐小麥所無有。普通小麥與圓錐小麥雜交， $F_1$  為  $14_{II} + 7$ ，即  $7a_{II} + 7b_{II} + 7c$ ；普通小麥與野生小麥雜交， $F_1$  為  $7_{II} + 21$ ，即  $7c_{II} + 7a_{II} + 7b + 7d$ ；野生小麥與圓錐小麥雜交

， $F_1$  爲 28，即  $7a + 7b + 7c + 7d$ 。

目前各種作物之分類，皆先根據其染色體組之性質及數目，然後再根據形態而分之。蓋染色體組之性質及數目相同者，表示血統相近，且彼此雜交較易成功；否則反是。茲將小麥及其近緣各屬染色體組之分析結果錄如下表：

一粒小麥組 (x=7)	二粒小麥組 (x=14)	普通小麥組 (x=21)
AA 組型	AABB 組型	AABBCC 組型
<i>Triticum aegilopoids</i>	<i>T. dicoccoides</i>	<i>T. spelta</i>
<i>T. monococcum</i>	<i>T. dicoccum</i>	<i>T. vulgare</i>
鐵摩非維小麥組 (n=14)	<i>T. durum</i>	<i>T. compactum</i>
AAGG 組型	<i>T. turgidum</i>	黑麥組 (n=7)
<i>T. timopheevi</i>	<i>T. pyramidale</i>	EE 組型
野生小麥組 (n=14)	<i>T. polonicum</i>	<i>Secale cereale</i> .
CCDD 組型	<i>T. persicum</i>	
<i>Aegilops cylindrica</i>		

表三十六 小麥及其近屬之染色體組

由上表可知小麥屬，野生小麥屬及黑麥屬各染色體組皆含有 7 個染色體。Lilienfeld, Kihara (1934) 及 Kostoff (1937) 諸氏稱各種染色體組由 A、B、C、D、E 及 G 染色體組相同者，染色體可以配對，雜交容易，血統亦近；否則反是。

#### 第四節 染色體與遺傳

吾人已知遺傳因子位於染色體上，故生物性狀之遺傳，雖為因子所控制，而實際受染色體之支配也。關於因子所控制之遺傳現象已述於第五章矣。茲略述受染色體支配之遺傳現象如次：

### 一 異質多元體之遺傳

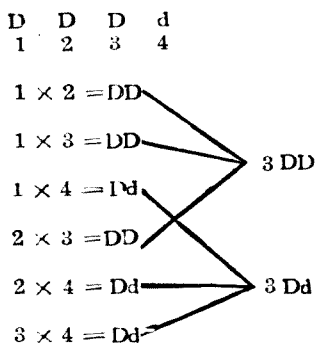
關於異質多元體之遺傳，則以普通小麥之三個重複因子 (Duplicate Factors) 為最通俗之佳例，此三對因子皆影響麥粒之紅色，納爾遜愛爾 (Nilsson-Ehle) 氏曾以此為根據，發表其多數因子學說。但當時納氏尚未明瞭普通小麥為異質多元體型之六元體 (Amphidiploid Type of Hexaploid)，具有abc三個各含七個二價染色體之染色體組，即體細胞含有42條染色體 ( $2x=42$ )。目前則認為此三對重複因子，即分別存在於此三個染色體組內，稱曰  $R_1 r_1$ ,  $R_2 r_2$ ,  $R_3 r_3$ 。設A品種為紅色麥粒，其因子型為  $R_1 R_1 r_2 r_2 r_3 r_3$ ；B品種亦為紅色麥粒，其因子型為  $r_1 r_1 R_2 R_2 r_3 r_3$ ，雜交後  $F_1$  為紅色麥粒，其因子型為  $R_1 r_1 R_2 r_2 r_3 r_3$ 。 $F_1$  自交後， $F_2$  得  $15/16$  為紅色麥粒； $1/16$  為白色麥粒，證明為重複因子之作用。倘有其他雜交如  $R_1 R_1 R_2 R_2 R_3 R_3 \times r_1 r_1 r_2 r_2 r_3 r_3$  之  $F_2$  得  $63:1$  比率，故證明由於三個重複因子之作用。此種重複因子在小麥方面發現者甚多，如護穎性狀、芒之長度、莖葉白粉之有無、外穎顏色等，皆為重複因子所控制，但在普通小麥類發現者多為三對重複因子，以其含有三個染色體組也。如發現於二粒小麥者，則為兩對因子，以其僅有兩個染色體組也。若二類雜交，則後代之遺傳比率常因染色體組數不同而反常，由此可知性狀之遺傳受染色體之支配也。

### 二 同質多元體之遺傳

關於同質多元體 (Autopolyploid) 之遺傳，則以同質四元體 (Autotetraploid) 之曼陀蘿 (Datura stramonium) 為著名之佳例。此種同質四元體，乃由二元體之染色體數目加倍而來 (圖 60 左方所示)。如二元體為含有Dd異質因子型者，則染色體數目加倍之後，同質四元體所含因子型當為DDdd。此種多元體之染色體常為四價連合 (Quadrivalent Association)，而相稱染色體間常可自由發生交叉點 (Random Chiasma

Formation) 。其結果可有下列各種因子型：如 DDDD, DDDd, DDdd, Dddd, dddd 或可寫作  $D_4$ 、 $D_3d_1$ 、 $D_2d_2$ 、 $Dd_3$ 、 $d_4$ 等。

今以同質四元體  $D_3d$  爲例，說明其配偶子之期望數計算法如次：



故配偶子期望數爲 3 DD : 3 Dd。

如以大代數之公式計算，則在  $n$  個因子中每次取出一個之可能結合數目 =  $\frac{n!}{(n-r)!r!}$ 。

如計算配偶子 DD 之期望數，則本例  $n$  即 D 之總數 = 3， $r$  即 DD 2，代入公式，得

$$\frac{3!}{(3-2)!2!} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 1}{1 \cdot 2 \cdot 1}$$

= 3。如計算配偶子 Dd 之期望數，則較爲簡便即  $3D \times 1d = 3Dd$ 。故 DD : Dd = 3 : 3。

同質多元體除染色體分離外，單染體 (Chromatids) 亦可自由分離 (Random Chromatid Segregation)，但此種分離僅限於染色體上之因子距離紡錘與染色體之接觸點有 50% 交叉單位之時，如距離愈近則比率介乎染色體及單染體期望分離數之間，如因子之位置愈接近紡錘線，則比率與染色體分離者更相近。今再以上例計算單染體分離之期望比率：四元體  $D_3d_2$  之單染體所含因子型，應爲  $D_6d_2$ ，配偶子 DD 以各種方法結合之數目，應計算如下：

$n=6, r=2$ ，代入公式：爲計算 DD 之結合數，則爲

$$\frac{n!}{(n-r)!r!} = \frac{6!}{4!2!} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 2} = \frac{5 \cdot 6}{2} = \frac{30}{2} = 15DD$$

如計算 Dd 之結合數，則爲  $6D \times 2d = 12Dd$ 。

而 dd 之結合機會僅有一種而已。如此，則三種配偶子之比率爲 15 DD : 12 Dd : 1 dd。

因此，DDDd 之植株自交後，若D因子所在之位置與紡錘綫接觸點有50%交叉單位之距離時，則自後代所得現象型期望比率應為 783 D- : 1d-。

如不用公式計算，亦可用棋盤證明如下：

	1 5 DD	1 2 D d	1 d d
1 5 DD	2 2 5 DDDD	1 8 0 DDDd	1 5 DD dd
1 2 D d	1 8 0 DDDd	1 4 4 DD dd	1 2 D ddd
1 d d	1 5 DD dd	1 2 D d dd	1 d d d d

即 783 D- : 1 d-，此種奇異之比率  $\left(\frac{1}{783}\right)$  不易從突變中辨別之。

○除非研究大量之自交後代，方可察覺。

### 三 異元體之遺傳

關於異元體之遺傳，茲以三染色體遺傳 (Trisomic Inheritance) 之情形說明之。染色體組中，如某一對染色體有三個相對染色體以代替正常之二個相對染色體者，謂之三染色體組 (Trisome)，其染色體謂之三染色體 (Trisomics)。發生之原因，大半由於某對染色體單獨不分離 (Non-disjunction) 所致。Blakeslee, A. F. 氏等對於曼陀羅 (Datura stramonium) 之研究甚詳，謂Datura 有十二對染色體者為正常之品種，十二對染色體中，每一對均有多出一個染色體 (2n+1) 之例，此多一之染色體即三染色體是也。因Datura 有十二對染色體，故有十二種三染色體 (2n+1)。Blakeslee 氏發現此十二種植物之形狀不同，尤以蒴果差異顯著，稱為十二原形種 (12 Primary 2n+1 Forms)，此原型種之三染色體又可因發生段節換位 (Translocation) 產生兩種次型，蒴果形狀亦互異，稱為次型三染色體 (Secondary Trisomics)，共計可產生 24 種次型，誠變化無窮也。關於三染色體之遺傳，可舉例說明如下：



如個體中有三個相稱染色體 (Homologous Chromosome) 成爲一組如 A.B.C.，按照機會律排對，繼以不平均分離，結果可成爲 AB.AC.BC. A.B.C. 各配偶子組，以因子爲根據，如顯性因子爲單性 (Simplex) ，因子式爲  $Xxx$ ，則構成配偶子比例，可成  $2Xx : 1xx : 2x : 1X$  ( $X- : x- = 1 : 1$ )；如顯性因子爲 Duplex，則因子式爲  $XXx$ ，其配偶子比例爲  $1XX : 2Xx : 1X : 1x$  ( $X- : x- = 5 : 1$ )。

染色體與雜交育種及人工引變已講述於第十二章及第四章第七章，不復贅述。

### 討 論 問 題

1. 試述染色體在育種學、遺傳學、細胞學及分類學上之重要性。
2. 染色體如何形成？試以各種學說解釋之。
3. 試解釋下列各名詞：Chromosome、Chromonema、Matrix、Heterochromatic Region、Kinetochore Chromomere、Kinetochore、Nucleolus Organizer、Satellite、Seta。
4. 試述染色體中染色特濃及不易染色之各種構造。
5. 如何識別各種染色體之形態？試討論之。
6. 試列表說明體細胞有絲分裂及生殖細胞減數分裂時，染色體行動有何異同？及其對於遺傳育種之關係。
7. 試分別說明染色體數目之變化情形。
8. 何謂染色體組 (Genome)？其對於遺傳育種分類上關係如何？
9. 試舉例說明異質多元體及同質多元體之遺傳現象。
10. 何謂 Trisome, Trisomics？其遺傳現象如何？

### 參 考 文 獻

1. Anderson, E. Cytology in Its Relation to Taxonomy, Bot. Rev.-3 : 335-550, 1937.

2. Crane, M. B. & A. J. C. Lawrence, *The Genetics of Garden Plants*, 1938.
3. Darlington, C. D. *Recent Advances in Cytology* 2nd-ed N. Y., 1937.
4. Dermen, H. Colchicine Polyploidy & Technic, *Bot. Rev.* 6 : 599—635, 1940.
5. Dobzhansky, T. *Genetics & The Origin of Species*, 2nd. ed. New York, 1941.
6. Goodspeed, T. H. & M. V. Bradley, *Amphidiploidy*, *Bot. Rev.* 8 : 545.
7. Hayes, H. K. & Immer, F. R. *Methods of Plant Breeding*, 1942.
8. Hector, J. M. *Introduction to The Botany of Field Crops*, 1936.
9. Heilborn, O. *On The Origin & Preservation of Polyploidy Heredities*, 19 : 233—242. 1934.
10. Sharp, L. W. *Fundamentals of Cytology*, 1943.
11. Sinnott, C. W. & Dunn, L. C. *Principles of Genetics*, 1959.
12. Wilson, E. B. *The Cell in Development and Heredity*.
13. 木原均 植物染色體之研究, 1942.
14. 木原均 禾穀類之細胞遺傳學, 1945.

## 第十四章 試驗機誤及補救

化學家欲分析各種化合物之性質與數量，必須在實驗室工作；育種家欲比較作物品種之優劣，必須在田間實地試驗，方可獲得結果。但田間試驗之環境複雜，困難殊多，不若化學實驗室之易於控制也。故作物育種家除對於育種之原理與方法有充分之學識外，凡實地育種時之困難及其補救方法，亦須有相當之經驗；否則祇憑計劃書上之記錄與產量計算之結果，評定品種之優劣，而對於田間試驗時所發生之種種機誤，置之不問，則其結果鮮有真確可靠者也。

吾人根據實地育種之經驗與夫統計分析之數字，乃知田間試驗，無論如何真確，皆有差誤，惟差誤程度有大小而已。此種差誤憑機會而隨時發生，為人力所不易控制，即精密之田間設計，亦無法避免者，即吾人稱為試驗機誤者是也，考田間試驗之機誤，原因甚多，總括之，可分下列諸項：

### （一）風土影響之差誤

#### 1. 氣候變遷

#### 2. 土壤差異

### （二）敵害影響之差誤

#### 1. 鳥獸為害

#### 2. 病蟲害分佈不均

### （三）作物生長之差誤

#### 1. 品種間之生長競爭

#### 2. 邊際影響

#### 3. 缺區缺株

### （四）人為影響之差誤

1. 試驗種子之差誤
2. 播種收穫之不一致
3. 耕作方法之不均勻
4. 品種間之機械混種
5. 稱重登記之忽略

### 第一節 風土影響之差誤

#### 一 氣候變遷

試驗結果，因每年氣候不同而有極大之差異，蓋品種間對於氣候之適應能力不同故也。例如上年氣候乾燥，利於甲品種，今年雨量較多，適於乙品種；於是第一年甲品種之產量，高於乙品種，第二年反遜於乙品種者，往往有之。

此種氣候變遷，為人力所不能控制，吾人欲斷定品種間之優劣，究何所根據乎？考氣候變遷普通三年一週，則吾人舉行品種比較試驗，至少須繼續三年以上，始可根據其平均結果，下一真確之定論。設某品種在試驗地每年產量之差異較小者，則為適應能力較強之品種；反之，每年差異甚大，則為不能適應環境。

氣候因子包括雨量、風向、溫度、霜、雪、日照等，皆足以影響作物之生長及產量，故育種場應有小規模之氣象設備，每日記載上述各種氣候因子之變遷情形，以供分析試驗結果時之參考。

#### 二 土壤差異

土壤肥力之不易一致，為試驗發生錯誤之一大原因，早已為育種者所公認。荷蘭育種專家滿塞氏（W. B. Mercer）曾以同一小麥品種，用同一方法播於肥力比較一致之土壤中，迨收穫後計算產量時，則最低者為每英畝廿七英斗，而高者達卅七英斗，差異竟有百分之卅之鉅。此種受土壤影響所發生之作物試驗錯誤，實為不能避免之事，蓋同一試驗地，外表似甚一致，若細察其內部情形，則有種種差異焉。或成因不一，

前作物不同，或肥力各異，水分不均，或組織有鬆密，地面有高低，均足以影響品種比較試驗時之差誤。且土壤差異常有恆久性及相關性，非人力所可改移。欲謀補救必須舉行試驗區規劃試驗，以決定試驗時適當之行長、行距、區之大小及重複次數，俾設法避免或減少其影響而已。

關於土壤差異之研究，為田間技術之重要問題，當於下章討論，故此處不多贅述。

## 第二節 敵害影響之差誤

### 一 鳥獸為害

凡精密寶貴及小規模之試驗，或在溫室內舉行，或設銅紗網以資保護，均可避免鳥獸之為害。但大規模之田間試驗，只有多設保護行，任其蹂躪而已。惟鳥獸之屬，混混噩噩，其為害時，往往不辨為保護行或試驗行，任意所為，肆無忌憚。且因保護行多設於路邊兩邊，行人往來頻繁，反不敢施虐而專憑食於田中之試驗行內者，亦為常有之事。試驗者對於此種損害，實防不勝防。惟有於為害期間派工看守，或設草人以欺恐之，或鳴鑼放炮以威嚇之，或設阱置毒以誘殺之，甚或荷槍實彈而擊射之，均可酌量情形而施以有效之制裁。但育種者亦當調查當地之情形，凡附近農民所不種之作物或奇特之品種，最好設法保護，或不做試驗；否則如南京附近農民不栽培早稻，而育種者偶舉行早稻品種比較試驗，鳥類當青黃不接無處覓食之際，勢必麇集於試驗地，恣意啄食，其被害之嚴重，凡有此經驗者，皆能道之。

若夫試驗品種已被鳥害，則當記載其損害之百分率，以便計算產量時加以糾正。其嚴重而無法計算產量者，祇可根據其他性狀而定品種之優劣。

### 二 病蟲害分佈不均

作物抵抗病蟲害之能力，亦為重要性狀之一，吾人曾設專章討論，然在同一試驗地內之品種，常見甲品種被害重而乙品種被害輕者，此種

被害程度之輕重，固由於品種本身抵抗力之強弱不同。但在天然被害之狀況下，因試驗地內病蟲害之分佈多少不均勻而發生之差誤，亦所難免。例如同一品種在同一試驗地內，其每次重複之被害程度，有極顯著之差異。作者在武功舉行小麥抗蟲及抗病試驗時，對於無法接種（Inoculation）之材料，如麥稈蠹及黃銹病，常發現此種分佈不均勻之現象。

試驗者欲避免因病蟲害分佈不均所發生之差誤，必須多置重複區或多置標準區，以便獲得可靠之平均數及糾正數。若舉行精密之抗病或抗蟲試驗，必須人工接種（Inoculation）或人工致害（Artificial Infestation）：前者由人工設法將病菌孢子與作物之種子或植株接觸使其為害。後者，以人工培養害蟲，放於供試驗之作物上，強其為害。則經此處理後之各品種，皆有受害之機會，將來被害程度之輕重，全由於品種間抵抗能力之強弱，可以斷言也。

### 第三節 作物生長之差誤

#### 一 品種間生長競爭（Competition）

作物品種形狀不一，大小懸殊，播種一處之後，勢必發生品種間之生長競爭，強大者佔優勢；弱小者被遏制，此自然之趨勢也。例如美棉粗大，中棉細小，若以美棉與中棉隣行栽培，勢必發生生長競爭，美棉勝而中棉敗，此乃異品種間之生長競爭，為吾人所易見者也。若同一美棉株行距離太密，植株互相鬱閉，不克充分發育者，則為同品種各植株間之生長競爭。無論同品種或異品種間之生長競爭，皆足以影響試驗結果之不真確，育種者當設法避免之。欲減少同品種間之生長競爭：（1）播種或間苗均勻。（2）種子大小一致。（3）株行距適當，不可過密。（4）整地及耕作完全相同。欲減少異品種間之生長競爭：（1）試驗品種按成熟遲早排列或分別舉行比較試驗。（2）試驗品種依植株高低及分蘗強弱等排列。如相差懸殊，則以不同之株行距分別試驗。（3）試驗時之行距及株距不宜太狹。（4）試驗區宜大，至少三行區，最好五行區，收穫時去兩邊行，而利用中間一行或三行，計算產量。

## 二 邊際影響(Border Effect)

同一試驗區內之作物，生長於兩邊行或各行之兩端者，常較生長於中央者為繁茂。此因邊際之植株，受充分之陽光，較寬之空間，而中央之植株互相鬱閉，陽光少而地位小故也。此種現象為1914年巴卜(C.W. Barber)氏所最先注意。1918年阿奈(A.C. Arney)氏以燕麥、大麥與小麥等三種作物，作邊際影響之研究，其試驗方法為每區種17行，行間距離為半英尺，區與區之間有18英寸之小路，第一行與第17行名為外邊行，第二行與第16行名為內邊行，中間13行為中間行，二年試驗之結果，無論何種作物，外邊行之產量高出於內邊行及中間行之產量一倍，內邊行超過中間行為20%，可知邊際不止影響於外邊行，且能波及內邊行。邊際影響既為試驗時不可避免之差誤，實地育種者不可不設法矯正焉。茲述其普通之矯正方法如次：

- (1) 正方形之試驗區受邊際影響之面積較長方形為小，例如小區之面積同為100方尺；正方形受邊際影響之面積為40尺，長方形者(20×5)為50尺；長形者(25×4)為58尺，所受影響最大。
- (2) 每區兩邊種植邊行，例如三行區者應種五行，收穫時預先將兩邊行割去以免混雜，且邊行之品種、距離、播種量及其他一切處理，應與試驗行完全一致。
- (3) 單行種植者收穫時兩端各去一尺，例如小麥稈行試驗時之行長為12尺，播種時，兩端應各加一尺，則行長為14尺，收穫時先去各行之兩端一尺，實際收穫者仍為12尺。
- (4) 每區試驗開始及完畢處，必須種保護行兩行，藉以保護試驗行及避免邊際影響，誠屬一舉兩得。

## 三 缺區缺株

高粱、棉花、玉蜀黍等植株高大之作物育種時，常用單本栽培，每行或每區有定之株數，若株數不足，則影響生產至鉅，試驗之結果乃生問題，然事實上因天時、土質、種苗、敵害等影響，缺株、缺區常有發

生。在秩序排列時，比較標準係根據各標準行之產量而來，故每品系缺株或缺行，對全局無甚影響。該品種之產量可根據其他各重複之產量平均得之，雖略欠正確，然秩序排列恆行之於初步比較試驗，此種差誤之關係尚小，但在隨機排列時，若有缺區情形，則全局被其牽動，使試驗失去均衡性(Orthogonality)，故須設法估計缺區之產量以挽救之，其法如下：

#### A. 缺一區

全試驗只缺一區，愛蘭(F. E. Allan)及韋適(J. Wishart)二氏創公式如下：

$$K = \frac{(n | s - 1) S - s \cdot St - n \cdot Sb}{(n - 1)(s - 1)}$$

K = 缺區之推算產量

n = 區組數

s = 品種數

S = 已知區(ns - 1)之總產量

Sb = 不包括缺區之各區組總和 St = 不包括缺區之各品種總和

#### B. 缺多區

全試驗地區缺多區時，葉次(Yates)氏倡計算之公式如下：

$$X = \frac{pP + qQ - T}{(p - 1)(q - 1)}$$

p = 品種數

P = 與缺區同品種各小區綜產量

q = 區組數

Q = 與缺區同區組各小區綜產量

T = 除缺區以外之總產量

此外更可用互變異數(Co-variance)分析法以矯正缺株之影響，凡此均詳述生物統計一章中。

### 第四節 人為影響之差誤

#### 一 試驗種子之差誤

同一品種之種子，其遺傳性狀，固完全一致，但種子有新陳，則發芽力不整齊；或種子有大小，則幼苗之生長有強弱。甚至發生缺株，影



響於將來之產量甚大，豈可忽視。故預備種子時，應力求種子之壯滿、新鮮、純潔及無病蟲害者。

## 二 播種收穫之不一致

播種收穫為田間試驗之極重要工作，倘有疏忽，則雖在實驗室內處理如何謹慎，計算如何精密，亦為無效，故應注意下列事項：

### A. 關於播種者

1. 播種前須妥當預備：如播種量無論稱重數粒，均須一致。裝袋時種子不可混雜。紙袋上應註明品種及行號，並與計劃書詳細校對之。
2. 播種時慎重將事：如散佈紙袋、校對行號、插木牌務須仔細；播種務須均勻，隣行種子不可彼此混雜，行長必須真確。
3. 播種後當心覆土：覆土時用鋤用足均可，種子不可暴露，亦不可為土壤所壓，隣行種子切勿混雜。覆土後隨即收拾紙袋，並循視田間一周，然後繪製田間種植圖。

### B. 關於收穫者

當作物收穫前，凡被選行及計算產量各行，應預先在室內將紙牌上打行號，校對一次，然後攜往田中，掛於每行之端，一人掛牌，一人校對，成熟後掛牌各行，順次收割，每行捆一束，切勿將甲行之植株混入乙行，每束下端用麻繩緊縛，以免乾燥時鬆脫。上端縛以所懸之鉛絲紙牌。捆畢後，仍置原行，以備担入掛藏室；掛時不可過多，或途中停放，以免種子脫落或互相混雜。

若專收植物之一部份，又須分數次收穫者，如玉蜀黍穗、棉鈴、瓜果、豆莢等等，則須預備布口袋若干個（每行一個或每品種一個），拾以行號或品種名稱，將某行某品種各次所收穫之產量，裝入布袋內，然後稱重。總之，收穫時應注意下列各點：

- (1) 擇需要部份儘先收穫。

- (2) 在適當時期內收穫。
- (3) 應避免品種混雜。
- (4) 應避免鳥害及風雨。
- (5) 各品種收穫時之成熟程度務求一致。

### 三 耕作方法之不均勻

耕作方法如整地、翻行、中耕、除草、間苗、灌溉、排水等處理不均，亦影響試驗之差誤，茲分述其注意事項如下：

#### A. 整地

整地包括鬆土、碎土、平土三種工作。換言之，即耕地、耙地、鎮壓是也。耕地務使深淺相同；耙地務使土塊破碎，地面平坦；鎮壓務使細土密接，不留窟窿，本此三要件，則土壤之差異自可免去大半，但吾人爲慎重起見，在整地之前，對於試驗地之選擇，應有嚴格之標準，特摘述於次：(1) 平坦方正 (2) 前作物相同 (3) 管理方便 (4) 無障礙物 (5) 田中無前季遺留種子 (6) 肥力均勻。

#### B. 翻行開溝

試驗地整理完畢後，應測量各項試驗之面積及位置，然後用翻行器，按照一定之行距翻行。

翻行器爲木製，上有五齒，每齒一行，可翻五行，齒間距離一定，一人拽之後退，地面上即現行跡。翻行時務求是直，不可彎曲，或距離有大有小，故此種工作，最好選老練之工人爲之。所翻之行，應自南至北，俾將來試驗行，可以南北向。翻行後，可隨即開溝，溝之深度、寬度務求均勻一致。

#### C. 中耕除草

中耕之主要目的在鬆土，而間接亦可除草。若干作物如棉花、玉蜀黍、高粱等，不中耕不能生長繁茂，故稱曰中耕作物。但除草

工作爲任何作物所必須者也。中耕除草之次數，視天時及地利之情形而定，普通在乾旱之地，中耕愈勤，則土壤保存水分愈多，尤以降雨前後，中耕最爲有效。故西北農民每季作物有中耕四次以上者，中耕或除草工作務求均勻一致，不可勤於彼而怠於此，或同一品種內除草之先後竟相隔二三日之久。蓋此種不一致之處理，亦足以影響品種間之產量與試驗結果之差誤也。

#### D. 間苗

棉花、高粱、玉蜀黍、小米、大豆、菜豆等不能移栽且植株高大之作物，播種時，無論點播、條播，種子宜多，使其萌芽整齊，不發生缺株。但幼苗出土以後，必須按照一定之株距，實行間拔，使生長健全。爲預防缺株起見，間苗工作不可一次完畢，最好分二三次進行，第一次在幼苗二三葉時行之，可留健全者三四苗，餘悉去之；第二次在幼苗高約五六寸時行之，可留一二苗；第三次在幼苗高約七八寸時行之，可留最強健者一苗，謂之定苗。此項工作，如處理不均等，足以發生試驗差誤，不可忽視；故各品種間苗時期及每次所留之株數，務求一致。

#### E. 灌溉排水

水稻、棉花、蔬菜等作物，旱時設法灌溉，雨則設法排水，管理較爲麻煩。又以水量之難於同量，使品種間發生發育不一致之現象，若以同大之盛水器量而後灌溉之，在小面積之範圍內，尚可易爲；地積較大，勢所不能。水稻試驗地可以淹水，祇須地面平坦，即可使水分均佈於田中；但棉花、蔬菜等不能淹水之作物，育種者當酌量情形，予以最適當之處理，他如灌溉次數、每次灌溉水量亦須完全一致，不宜甲區多而乙區少。灌溉方法隨各地情形而異，南方多用河水灌溉，有利用牛力、機器或人力者；北方多用井水灌溉，亦可利用人力、畜力或機器，但每行試驗所用之灌溉工具，應完全一致，不可甲區用人力，乙區用畜力。

#### 四 品種之機械混雜

品種混雜之原因有三：即天然雜交、天然突變與機械之混雜是也。因天然雜交而混雜者，可用人工控制授粉法避免之；發生天然突變者，吾人可擇優而利用之，但機會較少；惟機械混雜者，則往往忽視，且發生試驗之差誤甚大，作物品種間發生機械之混雜甚易，蓋試驗時品種複雜故也。無論用具及紙袋，均須隨時清理；而播種、收穫、脫粒、掛藏、稱重時，尤須力避混雜。

#### 五 稱重及登記時之忽略

試驗工作貴乎精密，偶一疏忽，則差誤隨之，尤以稱重及登記時為然。稱試驗種子時，所用之天秤，當以“Taledo Scale”為最省時而真確，但此種天平，來源不易，價值亦昂，為試驗場所不易購置，故普通用以稱重者，大半為小型天秤，既需法碼，又不靈活，稱重者稍不注意，非誤讀法碼，即發生障礙，產量差誤，莫此為甚。欲避免此種差誤，最好一人稱重，一人校對；但登記時，常因工作者之忽略，往往將甲行之產量，寫在乙行上，此種差誤，無法補救，是在負責者之精密從事而已。

### 討 論 問 題

1. 試列舉田間試驗時之天然的差誤及人為的差誤。
2. 土壤差異之原因何在？
3. 植物之品種間發生生長競爭之原因何在？如何避免因生長競爭所發生之差誤？
4. 具何種條件之種子，始可適合試驗之用？
5. 試驗地區應具之條件如何？
6. 品種混雜之原因有幾種？試討論之。
7. 何謂邊際影響？

## 參 考 文 獻

1. J. Wishart & H. G. Sanders, Principles & Practice of Field Experimentation, 1938.
2. Hayes, H. K. & Immer, F. R., Methods of Plant Breeding. 1942.
3. 洛夫著，沈驥英譯：農藝研究統計法。

## 第十五章 改良種子之推廣法

### 第一節 種子推廣之意義與機構

#### 一 種子推廣之意義

種子推廣之意義可分為狹義與廣義二種：以狹義言之，即將農學院或農事試驗場所有成之改良品種，能適應某處環境者，推廣於農民，使其普遍種植，其目的在以同樣環境情形之下，可以增加作物之生產。以廣義言之，乃除上述意義外，並教育農民，使其知品種改良之重要；組織管理機關，使改良品種有真實之價值；提倡合作，使農民多獲利益，因而經濟寬裕，整個生活可以改善，如此方可盡種子推廣之能事。

種子推廣為作物育種之最後目的，其重要不亞於選種雜交等工作。就一般言之，作物育種之工作，可分為試驗與推廣兩部。夫實地試驗乃品種改良之基本工作，根據試驗之結果，吾人可以斷定品種之優劣；施行推廣，則試驗所得之改良種子，可介紹於農民，供其採用。是以試驗時不能顧及推廣之成效，則無異於閉戶造車，其結果鮮能切於實用。推廣者不重視試驗之結果，祇知急功好名，其失敗亦可立而待。由此可知試驗與推廣，必須相提並進。若夫各自為政，殊非上策。一般主持作物育種事業者，對於試驗極為重視，以為欲得精確之結果，必須有專門之技術人才；而對於種子推廣，往往忽視，舉凡無深造或不能靜心研究者，以為令其從事推廣，可以勝任；殊不知推廣工作之重要與繁雜，並不下於研究或試驗，此種謬見，迄今猶未完全消除。故我國從事作物育種，雖已有二十餘年歷史；農學院可謂不少，試驗場遍及全國；各種作物之改良品種，亦年有所聞；然而實行推廣而使農民普遍採用者，仍未見有良好成績足以供吾人以之贊許。推其原因，實由於試驗推廣兩種工作

之未能相互依輔，亦即推廣工作之未被重視故也。深望今後之作物育種者，放遠目光，認清因果，不可視試驗與推廣為兩事，當以一貫之政策，務使各個農民享受試驗場所施之實惠而後已。

## 二 種子推廣事業之組織

凡事有組織有系統，則進行易而成效著，種子推廣事業，亦何獨不然！且此項工作，範圍廣大，關係複雜，責任綦重。欲在短時間內普及改良種子於全國，必須在中央方面有一強有力之組織以主持之，即今之中央農業推廣委員會是也。其工作則為詳細考察各地之需要，協助各省推廣事業之發展，指導各省種子推廣方法及制定種子推廣之各種法規。其次則有賴于中央農業實驗所，各大學農學院及各省農業改進所等育種機關之共同努力。其主要工作為改良品種、研究栽培、訓練人才、供給原種、指導推廣。他如隸屬中央或省區試驗場之繁殖場及分場，亦須分工合作，共負繁殖優種之責。我國幅員廣大，風土懸殊，故作物改良工作，當因地制宜，勢不能完全集中於一處。每一總場，無論隸屬中央或省區，皆須於適當地點，設立分場或繁殖場，以舉行區域試驗，繁殖原種，並改良該地之特殊作物。優種育成之後，欲求深入民間，普遍採用，必須另有一完密之農民組織以主持之，即作物改良協會是也。環觀美國，則各州有一作物改良協會，以連繫農民與育種場所之關係，此其種子推廣事業之所以進行甚速，成效顯著者也。我國交通不便，各地作物栽培之情形複雜，而種子推廣事業又正在着手進行之際，此種組織，應由小範圍入手，然後逐漸推進，則基礎穩固，不易摧殘矣。故提倡組織作物改良協會，必先由各縣農業推廣所或種子繁殖場之附近農民組織着手，稱曰縣區作物改良協會，該縣推廣所或繁殖場，即為縣區作物改良協會之幹事，徵集當地優秀農民，充為會員。縣區組織之後，則聯合各縣而組織省區作物改良協會，由各省農業改進所領導之。然後循序以上，聯合各省作物改良協會，即可成立全國作物改良協會，由中央農業

推廣委員會領導之。似此成爲一健全之組織，上行下徹，政策一貫，全國種子推廣工作，庶可進行無礙，蒸蒸日上矣。

## 第二節 種子推廣之準備

### 一 決定推廣範圍

作物改良之工作可分兩期：一爲育成優種；二爲種子推廣。然二者之間必有一中間工作以聯絡之者，即舉行區域試驗（Regional Test）是也。蓋優種育成後，是否能適應各地環境或其推廣範圍是否可以漫無止境？則有待於區域試驗之結果以答覆者也。任何作物之產量、品質等性狀，固由於遺傳因子之存在，可以授之後代。然而性狀之表現，由於因子者半，由於環境者亦半。例如小麥品種之分佈，每因各地氣候、雨量及土壤之不同而自成區域，常有同品種之小麥，種於甲地則產豐、質美；種於乙地則生長極差。又有種於甲地不生病害，種於乙地則染病嚴重，此其遺傳組織適宜於甲地之環境，而不宜於乙地。此種適應環境之性狀，即所謂區域適應性。區域試驗者，即測驗作物品種之區域適應性也。洛夫博士所著中國小麥區域試驗報告中云：“各合作場之風土不同，環境差異甚大，杭州栽培之小麥均在稻田中下種，排水不良，可以想見；故生長狀態最劣，產量亦非常低減。華北各場，尤以北平、太谷兩處，冬季異常寒冷，有數品種竟至完全凍死，遂無產量之可言矣”。由此可知同樣之品種，受各地特殊環境之限制，其生長情形，著有差異。尤以南方品種種植於北方，患凍害甚烈。此優種因不適應某處環境以致產量減低者，於此可以證明矣。

又據作者研究，南京二九〇五小麥在南京本爲軟小麥；在陝西武功種植後即變爲半硬小麥。如北方之硬小麥，栽培於杭州後，即減低其硬度，此由於北方氣候乾寒，宜於硬小麥之生長；南方氣候溫濕，則宜於軟小麥，亦足以證明優種之不能適應環境，而其品質有變劣之可能矣。由是觀之，吾人於優種育成之後，不舉行區域試驗，貿然推廣，其成功



與失敗全憑機會而已。設不幸失敗，則農民對於改良品種喪失信仰之後，再欲推廣其他優良品種時，將倍覺困難矣！反之，如舉行區域試驗，一則可以測定品種之適應性而決定推廣之範圍；再則可推知品種之生態環境而定育種時選種之區域，是故區域試驗不特為種子推廣之先鋒，抑亦着手作物育種時所依為借鏡者也，其重要有如是哉！

區域試驗之意義，可分兩種：將甲場所育成之優良品種分佈於乙、丙、丁、戊等處，與各處之當地品種，舉行三年以上之比較試驗，以視其是否優於各當地品種，或產量、品質之是否仍如原場之優良，此其一也；凡徵集各地之改良品種與本地品種作比較試驗，以測定何處品種為適應本地，何處品種為不適應，將來介紹本地農民選用改良種子時，有所根據，此其二也。

區域試驗之方法，如品種少時，最好用拉丁方，否則可用糾正之隨機區組法舉行之，參加區域試驗之品系，數目不宜過多，最好為十個左右，且必須經六七年以上之精密比較試驗，確為產量高、品質佳而有其他優良性狀者，此項試驗可與各農事機關、各農事試驗場或優秀之農戶合作舉行，但主持試驗之機關，須事先編製種植計劃書、田間佈置圖、記載說明書，並將試驗種子，於播種前寄至試驗地點，以便及時播種。播種後至收穫前，最好派員巡視協助記載，試驗收穫後，應收集各處報告，集中分析結果。繼續舉行三年之後，即可根據結果，決定品種之適應性及其可以推廣之範圍。

## 二 取得農民信仰

農事試驗場以多年之品種比較試驗獲得新品種，並分佈各處舉行區域試驗之後，此新品種已證明確能適應某處環境，則此後之問題，即如何宣傳此品種之優點，使農民信仰而樂於採用？示範農田（*Demonstration*）實為種子推廣時最有力之宣傳方法焉。蓋示範農田，由原種場、農業推廣所及其各地作物改良協會主持之。散佈舉行於優種推廣區域。試驗材料除新品種外，尚須加入農民所習用之品種，使農民親見新品

種與舊品種之田間生長情形。比較之下，相形見拙，如此則新品種之優點愈顯，而農民對於新品種之信仰益堅矣。

示範農田之佈置，不必如育種試驗區之有一定大小，通常將改良品種與農家品種隣區栽培，區之面積有半市畝至一市畝足矣。但須地勢平坦，肥力均勻，前季作物相同，且無論新舊品種，其一切處置之方法，如播種量、播種期、中耕、灌溉等亦當一致，以免影響田間生長情形之不同。因吾人對於新品種之產量，已有十餘年之結果，故示範農田之小區，不必有重複，亦不必計算其產量也。為適合農家之栽培情形計，故一切耕作方法，可與農家完全相同。設農家有若干作物相互間作者，則示範農田亦可施行間作栽培。

當作物完全成熟，尙未收穫之際，各地農業推廣機關，應招集農民舉行田間集會（Field Meeting），農學院或農事試驗場之技術人員，均有被邀到會之必要。在此集會中，可詳細觀察示範農田內新舊品種之田間生長狀況，並討論其優劣之點，所謂田間生長狀況者，係指落粒、倒伏、純度、成熟期之遲早，病蟲害之有無，舉凡可以在大面積之田內，親眼觀見之性狀皆是也。此種集會之目的在實地指示農民或種子商以新品種之優點，俾採用時，可以合乎彼等之需要而知所選擇矣。是故田間示範之結果，可分兩端：引起農民採用新品種之興趣，使爭購新品種之種子，一也；鼓勵種子商使之買賣改良品種之種子，二也。

於舉行示範農田時，尙須有各種輔助之宣傳工作，可提議如下：

(1) 佈告

由各處無線電台、作物改良協會、各地合作機關及推廣人員等宣佈示範農田之地點及田間集會之日期等。

(2) 講演

向農民解釋示範農田之意義及優良品種之優點與普通品種之缺點。

(3) 新聞

由新聞紙、傳單、刊物、信札等登載新聞；印刷之後，分散各機關或個人之對種子改良工作有興趣者。

#### (4) 展覽會

舉行作物產品展覽會等以引起參加田間集會者之興趣。

### 三 推廣材料

舉行區域試驗及示範農田之後，改良品種之聲譽已沸騰於民間，農民爭欲採用，於是優良品種之繁殖以供應推廣之材料，成爲主要工作矣。此項工作當由各省農業改進所、推廣繁殖站、特約農戶及種苗公司等分工合作，并由各地推廣所協助作物改良協會主持其事，方著成效。

## 第三節 種子推廣之實施

### 一 農家採用改良品種之辦法

改良品種大田繁殖後，改良種子之數量漸多，可供農家之採用；則嗣後之問題，即農家如何求得改良種子？採用之後，將如何保持原種之純潔？推廣工作之成敗，實以此爲重要關鍵。

關於第一問題，則惟有鼓勵商人或私人團體組織種苗公司，以出售改良種子。在過渡時期中，種苗公司尙未創立之前，推廣繁殖站、農業推廣所或作物改良協會可暫時出售優種，然售價不可過高，以塞農民問津之路。於種子出售之前，必須將改良品種之優點以及栽培上之特殊方法，詳細指導農民，俾可依法種作，免致失敗。

農民栽培改良種子後，負責推廣者尙須實地調查，俾明瞭農家採用改良品種後，究能獲利如何？或此種改良品種經農家栽培後，尙有何種缺點，急待改進，以資日後育種之借鏡。

至於保持品種純潔，不使混雜，則惟有指導農民舉行下列各種方法：即（1）混合選種。（2）種子繁殖區去僞去劣。（3）單純栽培。（4）保持種子清潔。

採用改良種子之農家，可分特約農戶與普通農家二種：特約農戶受

原種場及農業推廣所之指導；其所需之種子，由原種場直接供給之。普通農家則不受原種場之指導，其所需之種子，可向特約農戶購置之。但無論特約農戶與普通農家，倘以繁殖種子為目的者，皆須受種子之檢定，方可出售。蓋繁殖種子之作物與供給食糧之作物目的不同，故其栽培上之精細與粗放，亦略有差異。繁殖種子之作物須精細栽培，使其種子合於檢定標準，尤以特約農戶之種子，其標準較為嚴格。其種子之純潔程度，應與原種場所繁殖之種子相同。

## 二 優種登記

優種登記為種子推廣過程中正本清源之工作，蓋推廣之種子，不加登記，難免有圖利奸商，以未經試驗之品種，冒充改良；或同一品種，改名換面，致使採用優種之農民，無從認識其真偽。是故登記之目的為產生真正改良品種者着想，則保障其品種之價值與原有之名稱，不致為奸商所乘，而謀奪取營業之野心。為購買種子者着想，則可担保其以較高之價值而得真正所需要之種子，決無魚目混珠之遺憾。此種工作可由中央推廣機關、全國作物改良協會、農事試驗機關、農業推廣機關等執行之。

## 三 種子之檢定

種子檢定為作物改良協會之主要工作，前已言之。凡經多年之產量比較試驗、區域試驗及田間示範之後，認為優良之品種，由作物改良協會會員或普通農家所繁殖以售作種子用者，則其田間生長之情形與夫種子之優劣，必須嚴密檢定，以防品種之混雜。種子檢定之步驟有三：一為“田間檢查”，當作物收穫之前，由專家赴田間實地視察，專注意於田間生長情形，如品種之混雜、雜草之有無、病蟲害之損失、脫粒倒伏之程度等是也；二為“室內檢查”，即於作物收穫脫粒、清潔曬乾之後，取能代表全部種子之樣本一包，送交種子實驗室，檢查種子之品質純度、色澤、壯滿、清潔、雜草及發芽率等；三為檢查合格之種子，發給“檢定證明牌”。牌之多寡，按出售種子之多少而定，以堅購買者之信

仰，并可求高價出售。是以種子檢定之目的，在提高種子之標準，担保種子之價值，以防混雜冒充之流弊；并使購買或採用改良種子者，得以增進生產。

#### 第四節 推廣效果之維持

##### 一 種子之分級

種子分級為種子推廣之附帶工作，其目的在以公平之價值，買賣不同等級之種子。無論任何作物出售於市上作為糧食或實用者，皆須分別等級，然後按級定價，公平交易，決無爭執欺詐之事。如此則改良種子之優點可以表彰，而推廣之效果能長久維持也。夫種子分級之工作，當根據作物分類學上之性狀，與各地之情形而定適當之標準。

##### 二 種子專律

種子推廣過程中，品種登記及種子檢定之後，流弊已少，尚無法律制裁，一旦苟有不幸之事發生，則故意犯法者，不知如何懲罰；偶然過失者亦無從依據糾正，此歐美各國所以有種子專律之制定焉。上述種子分級為擴大推廣效果之積極鼓勵方法，而種子專律則為消極的制裁也。夫種子專律應由專家草擬，由中央政府審核施行，方生效力；否則陽奉陰違，不能執行，是不啻一紙空文矣。

#### 本章結論

種子推廣為作物育種之最後工作，蓋改良品種至推廣後，始有價值焉。際茲全國作物育種事業，頗有進展，優種育成，日見繁多。倘不設法善事推廣或推廣後不妥為管理，則吾人對作物育種所希望之實際供獻，永難實現。是以種子推廣工作，對於育種成效，改良農業，增進生產，均有重要關係，不可忽視。

凡事進行，首重組織，種子推廣工作亦然，如中央及各省縣均有健全之推廣機構，則事業之成功，可以立待！

作物改良協會為種子推廣之基本組織，應由小入手，然後逐漸推進

，以及全國。其主要工作，為繁殖優種，保持純潔，宣傳指導，公平買賣，種子推廣事業之成功，胥於此是賴。

舉行區域試驗，以測驗各優種之適應能力，而定推廣之範圍，並廣設示範農田，實地指示關於優種之各種特點，實為宣傳優種之無上妙法。

由農事試驗場、推廣繁殖站繁殖優種，並由特約農戶及社會團體協助進行，使優種數量增多，可以供農家之採用。凡農家採用改良種子者，應由推廣員予以切實之指導及調查。切勿推廣之後，不加聞問，或任其自生自滅也。為保障優種之價值及維持種子之清潔起見，改良品種應有登記及檢定手續，並由政府制定專律。關於種子之室內及田間檢查，取樣及出售方法，皆有一定之規程律則，俾有遵循，則改良種子之推廣前途，有厚望矣。

### 討 論 問 題

1. 試述種子推廣之重要。
2. 解釋改良種子推廣之意義。
3. 試草擬作物改良協會之章程。
4. 說明區域試驗之目的何在？
5. 說明示範農田應注意之事項。
6. 何謂特約農家？並述其對於種子推廣工作應盡之義務。
7. 農家採用改良種子後，應注意何種事項？
8. 何種改良種子始可登記合格？
9. 何以種子檢定為種子推廣過程中之重要工作？
10. 試述田間檢查及倉庫檢查時之注意事項及詳細手續。
11. 試擬定小麥、高粱、水稻、棉花等作物之分級標準。
12. 何謂種子專律？

## 參 攷 文 獻

1. Cox, J. F. & Starr, C. I. **Seed Production & Marketing** 1927.
2. Cox, J. F. **Seed Production & Management**. 1928.
3. **Rules & Recommendation for Testing Seeds**, U. S. Dept Agr. Cir 486. 1938.
4. **Rules & Regulation under The Federal Seed Act**, U. S. Dept\* Agr. Serv. Regulat. Announce, 156. 1940.

## 第十六章 生物統計學在作物育種上之應用

### 第一節 生物統計之意義及應用

近世關於生物科學之各種研究，在均在用統計方法，以分析其試驗結果。此種應用於解釋生物數量數字之統計方法，謂之生物統計學 (Bio-metry)，其原理與社會教育經濟等統計相同。其效用一方面以數學法則闡述生物之各種變異現象，使一堆無意義之數字，表現其真正價值；另一方面以統計原理，解釋生物測驗之結果，使廣泛無秩序之資料，成爲一緊縮而有系統之形式。總之，生物統計學在作物育種上之效用有三：研究作物之各種變異現象，用作顯著性測驗之依據一也；解釋產量計算之結果，以決定品種優劣二也；分析試驗時之各種差異，以供規劃試驗之合理根據三也。考統計方法之應用於生物研究上，雖祇有四五十年之歷史，但以其應用甚廣，故在此短時間內進步甚速。生物統計學之成立，須歸功於戈爾登 (Francis Galton) 與皮爾生 (Karl Pearson) 二氏。引用生物統計學於農業問題之研究，則須歸功於史蒂爾氏 (Student) (原名 W.S. Gosset) 哈雷斯氏 (J.A. Harris) 及費薛爾 (R.A. Fisher) 葉次 (F.Y. Yates) 等氏之提倡與發明。近來進步之神速，則 Yule, Wishart, Snedecor, Goulden, Immer 諸氏與有功焉。

應用統計方法分析試驗結果，固爲可靠，然流弊亦因之滋生。蓋初用是法者，每誤認用數學分析，即可糾正試驗中之一切差誤。其實無論如何真確之試驗，總不能完全無誤，而無論如何精密之試驗分析，總不若資料本身之可靠，此爲應用生物統計學於作物育種上所不可不注意者。再者，統計科學不過爲試驗者之一種工具而已。故從事試驗者，除應用是法外，對於試驗差誤之竭力避免，一般常識之運用，田間情形之詳



細觀察與記載，試驗地之選擇與規劃，亦不可忽略，此為作物育種學者宜時存於心者。

統計為用，固屬重要；然用之不當，為害非淺，前已言之。且欲得可靠之結果，必有精密之試驗，而唯有真確之材料，始有適當之統計。是以育種者於應用生物統計法之先，對於舉行試驗或搜集材料，宜注意以下各事：

- (一) 蒐集材料 (Collection of Data) —— 材料之蒐集，宜從能代表全體實情之大量樣本入手，若僅就一隅採取樣本 (Sample)，而此一隅之材料又與集體 (Population) 情形不同，則所得結果，便不可靠。故蒐集材料，不可先存成見。例如估計小麥黑穗病之百分率時，不可在黑穗病集中之處取樣，以其不能代表全田之分佈情形也。應就田間各處隨意採取，然後平均其結果。
- (二) 隨機取樣 (Random Sample) —— 所謂隨機取樣者，乃在蒐集材料時，純由隨機採取，而無選擇好惡之謂。故取樣之範圍宜普遍，次數宜多，取法則以隨機而非有意之挑選為原則。
- (三) 材料之測量與記載 (Measuring & Recording Data) —— 所蒐集之材料，須於精細測量後，列表以示其結果。此步工作，以力求真確為要則，所記錄之數字，宜清楚無誤。
- (四) 結果之分析 (Calculation of Results) —— 分析試驗結果宜力求真確。試驗者對於計算步驟，校對方針，須事先規定，俾同事者有所遵循。所得結果，易趨一致。
- (五) 結果之解釋 (Interpretation of Results) —— 統計分析之最要關鍵，在解釋得當，同一統計結果，因解釋不同，所指之意義或可完全相反，此常由於解釋結果者，僅注意於一部分之統計數字，而忽略全部之事實所致。故凡論斷一事，須學

理與事實兼顧。俾學術上所表現之事實不致忽視，而數學造成之不近實情之錯誤，亦不致被認為真理而引入歧途。故凡解釋之結果，須事前詳細考慮，確屬認為合理無疑後，方可發表。

## 第二節 統計材料之整理與分類

統計分析之材料，數量愈多，則結果愈可靠。但所收集之數目過多時，倘不設法整理或分類，則一盤散沙，漫無頭緒，無從明瞭其真實性質。例如乙百區黃豆產量記錄如下，在未整理以前，僅是一堆無意義之數字而已。

乙百區黃豆產量之記錄(克)

230	448	227	544	214	274	221	232	200	312
291	328	288	569	225	309	242	251	286	329
290	274	310	317	275	330	218	306	249	293
273	309	234	265	305	304	252	223	310	271
292	335	316	192	269	216	274	217	306	200
297	375	264	239	216	300	262	236	288	318
256	336	276	342	237	257	340	241	250	318
246	312	327	310	269	241	302	255	268	240
258	379	335	211	152	255	233	216	229	283
312	246	318	186	305	223	283	217	350	297

欲明上表各區產量之本身意義，非加以統計處理不可，所謂統計處理者，即材料之整理與分類是也。其法有三：

- (一) 依次表(Array)——此為整理材料之第一步，即將各區產量依其大小按序列為一表是也。由依次表之結果，可看出數字之大致情形，即產量最高者(448)，與產量最低者(152)，相差若干而得全距(range)，藉知其產量變異之趨向。唯此法失之粗放，使觀察者難得具體明確的印象，故用途甚小。
- (二) 次數分佈表(Frequency Distribution Table)——依次表當數字

數目不多時，尚可適用。若數目逾千，欲作一依次表，既費時而數字之意義仍不明瞭，故不得不更進一步作次數分佈表。次數分佈表者，即引用分類方法，將各觀察數值分為若干組 (Class)；組數之多寡視材料及需要而異，普通次數分佈表之組數 (Class Number) 以10至20為宜。一組內兩極端之數為組限 (Class Limits)，兩組限之距離謂之組距 (Class Interval)。全距、組數及組距之關係為：

$$\text{組數} = \text{全距} / \text{組距}$$

倘數字為非連續性，則組距之取得，常有一定之數值；而連續性數字，因其組值可任意規定，故在選定組距時，必須考慮下列數事，始可得到適當之分組：

- (A) 由次數分佈表計算統計數所需之精確度。
- (B) 全距之大小。
- (C) 樣本內數字之多少。
- (D) 所得之組數是否便於計算。

上述乙百區黃豆產量，其全距為296 (448減152)，若定組距為25，則必分成13組 (296/25)，始能將所有大小數字，皆包括在內。若定下組限 (Lower Limit) 為140，組距既為25，則上組限 (Upper Limit) 當為164.9，如此則第一組為140.0—164.9。凡產量等於或大於140而輕於165克者皆屬此組，屬於第一組之數字只有一個。故其次數 (Frequency) 為1；第二組之組限為165.0—189.9，次數亦為1。第三組之組限為190.0—214.9，次數為4，餘類推。其全體次數分佈表如右：

乙百區黃豆產量之  
次數分佈表

距	V 組	f 次數
140.0—	164.9	1
165.0—	189.9	1
190.0—	214.9	4
215.0—	239.9	20
240.0—	264.9	15
265.0—	289.9	17
290.0—	314.9	23
315.0—	339.9	11
340.0—	364.9	4
365.0—	389.9	2
390.0—	414.9	1
415.0—	439.9	6
440.0—	464.9	1

由上列次數分佈表，可知多數次數，集中於中間數組，兩端減少。此種次數分配情形，在統計學上名爲常態分佈（Normal Distribution）。

（三）次數分佈圖（Frequency Distribution Diagram）——次數分佈情形除用次數分佈表表示外，尚可利用繪圖法表示之。此種圖即名爲次數分佈圖，其效用乃使觀者對於次數分佈之情形更可一目了然。繪圖方法，普通分爲兩種：

（A）筒形圖（Histogram）——筒形圖之繪法先在橫軸（X-axis）上或基線上，劃定各組之組限，然後依照各組之所有次數，按比例垂直劃筒形，各筒形之高低，與該組之次數成正比例。

（B）多邊形圖（Frequency Polygon）——其繪法與筒形圖相同，自各組之中點作垂直綫與基綫相垂直，按各組次數多寡劃定直綫之長短，然後將各直綫之頂點，依次相連即成。

統計材料經整理與分類後，已能表示其變異之大小與集中性之所在。然不能以一個或數個數字代表全體之重要性狀，故爲刪繁就簡計，須再注意下列二事：

（1）次數分佈內集中情形，即集中性之測定是也。

（2）次數分佈內變異情形，即離中性之測定是也。

### 第三節 集中性之測定

統計學對常用平均數（Average）表示一分佈之傾向及集中情形，平均數之種類雖多，然最重要者有三：

均數（Mean）——爲次數之總數除量數之總和所得之商數，亦名爲算術均數（Arithmetic Mean）。

中數（Median）——若將所有量數按大小依次排列或依次表，則

最中一量數即爲中數。在此數之上下兩部分佈之次數必相等，均佔百分之五十。例如九種不同高度之小麥程，依其高低排列之，則第五株小麥程之高度即爲中數。一般言之，若量數之數目爲 $2n+1$ ，其第 $n+1$ 之量數，即爲中數；若量數之數目爲偶數如爲10，則中數爲第五與第六兩量數之中間數。

衆數 (Mode) —— 爲所有量數中次數最密集之處，或爲次數最多之量數。如一次數分佈表內，載有56區小麥之產量，其變異爲230 克至 437 克，並知其次數最多者爲 355 克，則此數即爲衆數。

上述之三種統計數以均數之意義最爲明確，易於了解，且受代數處理，而計算法亦頗簡易，故常用均數以代表次數分佈之集中情形。今介紹其計算法如次：

(一) 從未分類之資料求均數：由定義可知諸量數  $x_1, x_2, x_3 \dots$

$x_n$  之均數 ( $\bar{x}$ ) 爲：

$$\bar{x} = \sum (x) / N$$

式內 $\sum$ 爲積加之意， $N$ 爲諸量數之次數。例如五區小麥之產量23, 19, 26, 24, 23，則其平均產量爲

$$\bar{x} = \frac{23 + 19 + 26 + 24 + 23}{5} = 23$$

(二) 從已分類之資料求均數：若材料已經分類，則可利用次數分佈表計算其均數，例如下表爲 400 區大豆產量之次數分佈表，今求其均數：

(A) 下表第(1)與第(2)兩直行之相當各項相乘而得第(3)直行之 ( $fv$ ) 各值，其總和爲110175.0，利用公式：(即繁法Long Method)

$\bar{x} = \sum fv / N$ ，則均數之值爲

$$\bar{x} = \frac{110175.0}{400} = 275.44$$

組	限	(1) 中點 (v)	(2) 次數 (f)	(3) 次數×中點 (fv)	(4) u-G 或D	(5) fD	(6) V-G D	(7) fD
125.0—149.9		137.5	2	275.0	-125	-250	-5	-10
150.0—174.9		162.5	2	325.0	-100	-200	-4	-8
175.0—199.9		187.5	15	2812.5	-75	-1125	-3	-45
200.0—224.9		212.5	42	8925.0	-50	-2100	-2	-84
225.0—249.9		237.5	69	16387.5	-25	-1725	-1	-69
250.0—274.9		262.5	78	20475.0	0	0	0	0
275.0—299.9		297.5	67	19922.5	25	1675	1	67
300.0—324.9		312.5	57	17812.5	50	2850	2	114
325.0—349.9		337.5	42	14175.0	75	3150	3	126
350.0—374.9		362.5	18	6525.0	100	1800	4	72
375.0—399.9		387.5	5	1937.5	125	625	5	29
400.0—424.9		412.5	2	825.0	150	300	6	12
425.0—449.9		437.5	1	437.5	175	175	7	7

表三十七 計算均數之各種方法

(B) 爲便於計算計，吾人尙可利用公式（即簡法Short method）

$$\bar{x} = G + C \quad \text{以求均數}$$

G = 假定均數 (Guess mean) 可以任意指定。

C =  $\sum fD/N$  爲矯正數，可爲正，亦可爲負。

用上兩式求得之均數，其結果完全相同，今證如次：

$$\bar{x} = G + C = G + \sum fD/N$$

但D爲各組中點與假定均數之差，即D = V - G，故

$$\begin{aligned} \bar{x} &= G + \sum f(V - G)/N \\ &= G + \sum fv/N - \sum fG/N \\ &= G + \sum fv/N - NG/N \\ &= \sum fv/N \end{aligned}$$

今以上表爲例，說明用假定均數求真均數之計算法：

本例以中點262.5 爲假定均數，上表之第(4)直行爲各組中點與假定均數之差。第五直行爲第(2)直行第(4)直行各相當項之乘積，由是而得 $fD$ ，積加之，其和爲 $\Sigma fD=5175$ 。故

$$C=5175/400=12.94$$

$$\bar{x}=262.5 \mp 12.94=275.44$$

(C) 上法以假定均數與各組中點逐一相減，亦殊費時，爲克復此種困難，改用單位進級法 (Unity-step Method)。此法因排列次數分佈表時各組之距離相同，故今若假定一平均數，而以假定均數之組中點爲零，其上下各組以單位推算，在其上一組者爲-1 (因其中點大於假定均數)，在其上二組者爲-2，餘類推；在其下一組者爲+1 (因其中點大於假定均數)，如上表第(6)直行之各數。

以上各值代入公式： $X=G \mp C \times i$  ( $i$  = 組距)

$$X=262.5 \mp (207/40) \times 25=275.44$$

此法較前二法之計算手續爲簡便，而所得結果則全同，故在可能範圍內，宜盡量應用單位進級法，以求均數。

#### 第四節 離中性之測定

差異爲一般事物之通性，如同一作物之產量有高低，品質有優劣。故用平均數以代表全體量數，其可靠度與各量數之變異程度有關。若無變異，則平均數可完全代表全體數量；但若變異增大，則此平均數之單位，漸失其代表性。故爲描述整個量數之全體計，變異之數量，極爲重要。其意爲欲知一次數分佈之整個特性，除用平均數測定其集中性外，還須應用其他統計數以測定其分佈之程度，即各量數離開其平均數之程度。

測定量數離中性之統計數，有絕對變異量 (Absolute Variability)

及比較變異量 (Relative Variability) 兩種，前者以資料之單位表示之，其較重要者有以下三種：

(一) 四分位差 (Quartile Deviation) —— 若將全體數量依序排列，則中數將其平分爲二，前已言之。今將進而討論四分位數，如  $Q_1$ 、 $Q_2$  及  $Q_3$  等，第一四分位數  $Q_1$ ，將全體量數分爲  $1/4$  小於與  $3/4$  大於該數；而第三四分位數  $Q_3$  將全體量數分爲  $3/4$  小於與  $1/4$  大於該數；其第二四分位數  $Q_2$  卽爲中數。

四分位數求得後，四分位差可根據下列公式求之：

$$\text{四分位差 (Q)} = \frac{Q_3 - Q_1}{2}$$

在常態分佈時，四分位差與下述之標準偏差有一定之關係，卽

$$Q = 0.6745 S.D.$$

故知四分位差 = 或差 (P.E.)

至於已分類資料之計算法可參看其他文獻。

(二) 平均差 (Average Deviation) —— 將各變數與均數作偏差，不計其正負號，再以總次數除之，其商卽爲平均差，其公式爲：

$$\text{平均差 (A.D.)} = \frac{\sum (|D|)}{N}$$

如以十項之自然級數爲例，其平均差爲

$$A.D. = \frac{\sum (|D|)}{N} = \frac{4.5 + 3.5 + 2.5 + \dots + 1 + 3.5 + 4.5}{10} = 2.5$$

平均差計算較易爲其優點，但不受代數處理，與四分位差之缺點同，故不若標準偏差之有用。

(三) 標準偏差 (Standard Deviation) —— 平均差之缺點在於偏差不計符號，因此不受代數處理。但事實上，若計其符號，因正負相消，其結果必爲零。故欲以偏差之平均情形表示離中趨勢，而同時又欲免除偏差總和爲零之缺點，則最好求各偏



差之平方。因此學者多樂用標準偏差，以測定量數之離中性。標準偏差為各量數之偏差之算術均數之平方根（Root—mean—square Taken from Mean），通常寫為S.D.或 $\sigma$ 。樣本標準偏差之估數以S表示之，其計算法分述如下：

(A) 從未分類之資料求標準偏差——由定義知標準差公式為

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}}$$

因此式計算標準差，常帶小數，故計算費時，且不准確，因此以下式求得為便：

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x^2) - (\sum x)^2/N}{N}} \quad \text{式中 } x \text{ 為各個量， } N \text{ 為次數，}$$

茲證明一式為恆等

$$\begin{aligned} S.D. &= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum (x^2 - 2x\bar{x} + \bar{x}^2)}{N}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum x^2 - 2\bar{x} \sum x + N\bar{x}^2}{N}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum x^2 - 2(\sum x)^2/N + (\sum x)^2/N}{N}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum x^2 - \sum (x)^2/N}{N}} \end{aligned}$$

若有計算機時，則此式尤為簡捷，今再以前述之十項自然數為例以示之：

$$S.D. = \sqrt{\frac{(1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + 10^2) - \frac{55^2}{10}}{10}}$$

$$= \sqrt{\frac{385}{10} - 302.5^2}$$

$$= 2.87$$

若量數之均數為已知，則可應下式之簡法，計算標準偏差：

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum x^2}{N} - \bar{x}^2}$$

(B) 從已分類之資料求標準偏差——若數目過多時，則由次數分佈表求偏差較為方便，除上述計算標準偏差之公式亦可利用外，其最簡便者為單位進級法：

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (fD^2)}{N} - (C)^2} \times i$$

式內D=(各組中點-假定均數)/組距 C= $\sum (fD)/N$   
此法計算步驟與用單位進級法求均數相似，今以表37之例求之如下：

表 37 第(6)項(D)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	總數
表 37 第(7)項(fD)	-10	-8	-45	-84	-69	0	67	114	126	72	25	12	7	207 = $\sum fD$
fD <sup>2</sup>	50	32	135	168	69	0	622	837	828	288	125	72	49	1661 = $\sum fD^2$

假定均數 (G) = 262.5      N = 400

$$C = 207/400 = 0.5175$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{1661}{400} - (0.5175)^2} \times 25 = 49.274$$

用分類法求得之標準偏差，因分類時所用之組距不同，其結果亦不完全一致，故用此法求得之標準偏差乃為一個近似值。

統計學者多用標準偏差以測定分佈之離中情形，因其能受代數處理

，可免去數學上之困難，在理論上若次數分佈屬於常態，則在均數加減一個標準偏差( $M \pm 1S.D.$ )之範圍內，包括全體次數之68.28%。 $M \pm 2S.D.$ 之範圍內，包括95.46%；而在 $M \pm 3S.D.$ 之範圍內，則包括全體次數之99.73%。又在常態分佈時，三種離中常數之關係為：

$$P.E. = 0.6745S.D., \quad A.D. = 0.7979S.D., \quad P.E. = 0.8455A.D.$$

上述公式計S.D.算之諸法，皆由基本公式 $S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}}$

演變而來，以此式計算大樣本之標準偏差自為適合；但若樣本較小時，則以此算得者，用作其集體標準偏差之值數，常失之過小。經數學證明及學者之實地經驗，知在小樣本時計算標準偏差之公式宜

為：

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

即以自由度( $N - 1$ )代替求S.D.時之N(自由度即若干個量數中，受估計常數之限制後，僅能活動之個數)。

標準偏差等既為絕對常數，故僅能用作比較單位相同之兩種事物之離中趨勢。若二分佈之性質或單位不同，或單位同而其均數不等，便不能比較。克復此種困難最好之方法為皮而生(K. Pearson)氏所倡之變異係數(Coefficient of Variability, 簡寫為C.V.)

$$C.V. = \frac{S.D.}{M} \times 100$$

今以前述四百區大豆產量為例，說明其求法：

$$M = 275.44 \quad S = 49.274$$

$$\therefore C.V. = (49.274 / 275.44) \times 100 = 17.889\%$$

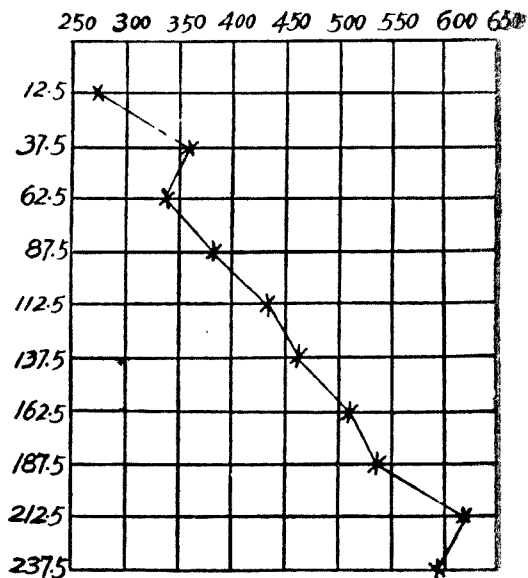
吾人用變異係數固可比較二個不同單位之分佈之變異情形，但以之解釋結果，須格外小心，因若均數小而差數大時，所得之百分數必更大。換言之，變異係數因受小均數之影響而擴大也。

### 第五節 相關性之測定

前數節所討論者，乃着眼於一種變數所發生之變異。但世間萬物千變萬化，其間常存有因果之關係，如小麥產量之高低與雨量之多寡；棉花首次摘花量與平均產量之多少等。故欲研究一種事實，除知其本身之變異而外，更須進一步研究此一事實與其他事實之相互關係，此點在農業問題研究上極為重要。通常其中之一變數，可視為獨立變數 (Independent Variable) 以  $X$  表示之；另一變數則可視為依變數 (Dependent Variable) 以  $Y$  表示之，而此兩變數之相互影響，可以分佈圖表示其相關情形。茲以棉花首次摘棉量與平均摘棉量之記錄說明之。

首次摘棉量之中點 (x)	總摘棉量平均數之 (y)
12.5	275.0
37.5	356.0
62.5	344.7
87.5	385.0
112.5	431.0
137.5	462.7
162.5	514.0
187.5	537.5
212.5	623.4
237.5	535.2

表三十八 棉花首次摘花量與平均摘花量之關係



圖六十二 棉花首次摘花量與平均摘花量之關係

由上表之數字及上圖之曲綫方向，可知棉花首次摘花量增加時，平均摘花量亦隨之而增。且此種偕同變異之關係，有成一條直綫之傾向，是為直綫相關（Linear Correlation）。亦有兩種變數之變異關係，並非全為直綫。如作物產量與肥料，在初期肥料與產量之增加有一定之比例，但肥料增至某程度後，再增肥料，則產量之增加不若初期之速，甚或有減低之趨向，若以整個肥料與作物產量之關係言，此兩變數之相關非全部為直綫關係，是為非直綫相關（Non-linear Correlation）。

有時一種事實可同時與許多事實發生關係，本節因受篇幅所限，僅說明兩種事實之單相關測定法如下：

（一）直綫相關：若兩變數偕同變異之關係，可用一直綫表示者，謂之直綫相關。直綫相關又有正負之分：若 $x$ 增加或減少， $y$ 亦隨之增加或減少時，曰正相關。設其偕同增加之步驟一致時，為完全正相關，其相關係數（Correlation Coefficient 簡寫為 $r$ ）為 $+1$ ；但若 $x$ 增加或減少，而 $y$ 反減少或增加時，為負相關。設其增加及減少之步驟一致時，為完全負相關，其相關係數為 $-1$ ；若 $x$ 增加或減少，而 $y$ 之增減方向無定者，表示此兩數無偕同變異之關係，曰無相關。在特殊情形下，相關係數為 $0$ 。由此可知相關係數之範圍為 $-1$ 經過 $0$ 而至 $+1$ 。

兩變數相關之高低，可由相關係數之大小測知。計算相關係數之方法雖多，而以皮爾生教授之積差法為最優，其基本公式為：

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{N \delta_x \delta_y}$$

式中  $x$  及  $y$  為兩個變數， $N$  為變數之對數

$\delta_x$  及  $\delta_y$  分別為  $x$  變數及  $y$  變數之標準偏差。

上述基本公式，因計算手續繁鎖，故有化簡之必要：

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{N \delta_x \delta_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\sum (xy) - \bar{y} \sum x - \bar{x} \sum y + Nxy}{\sqrt{\frac{\sum (x^2) - 2\bar{x} \sum x + N\bar{x}^2}{N} \times \frac{\sum (y^2) - 2\bar{y} \sum y + N\bar{y}^2}{N}}} \\
 &= \frac{\sum (xy) - y \cdot N\bar{x} - \bar{x} \cdot N\bar{y} + Nxy}{\sqrt{(\sum (x^2) - 2\bar{x} \cdot N\bar{x} + N\bar{x}^2) (\sum (y^2) - 2\bar{y} \cdot N\bar{y} + N\bar{y}^2)}} \\
 &= \frac{\sum (xy) - Nxy}{\sqrt{(\sum (x^2) - N\bar{x}^2) (\sum (y^2) - N\bar{y}^2)}}
 \end{aligned}$$

用此公式計算相關數，手續既簡且少錯誤，故為學者所用，同理亦可用下一簡式計算：

$$r = \frac{N \sum (xy) - T_x T_y}{\sqrt{(N \sum (x^2) - T_x^2) (N \sum (y^2) - T_y^2)}}$$

式內 $T_x$ 及 $T_y$ 分別為 $x$ 變數及 $y$ 變數之總數，今舉例說明本式之應用如下，設有兩變異數為

$x$ : 1 1 3 3 5 6 7 7 8 9      總數=50

$y$ : 9 9 8 6 6 5 4 3 1 1      總數=52

$$N \sum (xy) - T_x T_y = 1860 - 2600 = -740.0$$

$$N \sum (x^2) - T_x^2 = 3240 - 2500 = 740.0$$

$$N \sum (y^2) - T_y^2 = 5500 - 2704 = 2796.0$$

故相關係數為

$$r = \frac{-740}{\sqrt{740 \times 796}} = 0.964$$

上三式為根據原有資料計算之公式，最適於計算機之計算，若無計算機而同時變異之數字又甚大時，可用由假定均數而推出之公式計算之，其公式為：

$$r = \frac{\sum (D_x D_y) - N C_x C_y}{\sqrt{(\sum D_x^2 - N C_x^2)(\sum D_y^2 - N C_y^2)}}$$

式內 $D_x$ 及 $D_y$ 分別為 $x$ 變數之各數及 $y$ 變數之各數與其假定均數之差。 $C_x$ 及 $C_y$ 分別為 $x$ 變數及 $y$ 變數之真均數與假定均數之差，亦即為矯正數。

此式亦極易證明，學者可自為之，今舉例以明其計算法，設兩變數為：

$x$ :	1	5	6	7	7	12	16	18	22	22	22	24	31	31
$y$ :	0	3	3	5	6	11	19	15	19	15	14	27	16	43
$x$ :	37	38	57	62	71	78	92	109	172					均數=40.9
$y$ :	59	22	44	65	101	62	107	107	187					均數=41.3

令 $x$ 及 $y$ 變數之假定均數為41，則計算結果為：

$$\sum (D_x D_y) = 40751 \quad \sum (D_x^2) = 37377 \quad \sum (D_y^2) = 47203$$

$$C_x = 40.9 - 41 = -0.1 \quad C_y = 41.3 - 41 = 0.3 \quad N = 23$$

$$\text{代入公式得 } r = \frac{40757 - 10.69}{\sqrt{(37377 - 9.23)(47203 - 2.07)}} = 0.967$$

若兩變數之量數甚多時，為計算方法簡便起見，最好先列相關表，然後再根據相關表以計算相關係數，其步驟如下：

(A) 排列相關表：

- (1) 選定兩變數之組數及組距。
- (2) 將x變數之各組自左而右書於表之頂端，將y變數之各組自上而下書於表之左側，以各組縱橫作方格。
- (3) 將每一對變數分佈於應在之方格內，再就表之縱橫行計其次數，其次數各自相加，而得總次數，縱橫行之總次數應相等。

(B) 假定平均數，以單位進級法求  $C_x, C_y, \sum fD_x^2$  及  $\sum fD_y^2$  等，與前述求標準偏差之單位進級法同。

(C) 求最上一橫行  $fD_xaDy$ ，求此行時宜先求各橫行內之  $fD_xa$ ，然後再乘以  $Dy$  即得。求  $fD_xa$  之法為：以各橫行內每方格之次數乘該直行之  $D_x$ ，然後相加即得。如下表第二橫行內之  $fD_xa$  為  $(70 \times -2) + (289 \times -1) = -412$ ，第六橫行內之  $fD_xa$  為  $(3 \times 1) + (37 \times 2) + (2 \times 3) = 83$ ，餘類推。求出各橫行之  $fD_xa$ ，其總和（即  $\sum fD_xa$ ）應與直行即  $fD_x$  相等。

(D) 以各  $fD_xa$  乘  $Dy$  即得  $fD_xaDy$ ，最後代入公式即相關係數

$$r = \frac{\sum fD_xaDy - NC_xC_y}{\sqrt{(\sum fD_x^2 - NC_x^2)(\sum fD_y^2 - NC_y^2)}}$$

下表為高粱脫粒後籽粒重量與未脫粒時全穗重量之相關表，今求其相關係數如下：

表39 高粱脫粒後之籽粒重量與未脫粒全穗重量相關表

X 代表籽粒重量      Y 代表全穗重量



農 種 育 物 作

	X										f	Ly	fDy	fD <sub>y</sub> <sup>2</sup>	fD <sub>x</sub> a	fD <sub>x</sub> aD <sub>y</sub> <sup>2</sup> ΣP	
	2.00	10.00	18.00	26.00	34.00	42.00	50.00	58.00	65.99	73.99							
3.00-10.99	130	70	289	178	138	41	81	3	15	2	18	4	2	11.2	638.2409	302	1826
11.00-18.99																	
19.00-26.99																	
27.00-34.99																	
35.00-42.99																	
43.00-50.99																	
51.00-58.99																	
59.00-66.99																	
67.00-74.99																	
75.00-82.99																	
f	200	467	306	128	47	18	4	2	11.2	638.2409	302	1826					
Dx	-2	-1	0	1	2	3	4	5	-619		-867						
fD <sub>x</sub>	-400	-467		128	94	51	16	10	-565	19	-565						
fD <sub>x</sub> <sup>2</sup>	800	467		128	188	162	64	50	1859								

$$\sum fD_x a D_y = 1826$$

$$N = 1172$$

$$C_x = -565/1172 = -0.482$$

$$C_y = 19/1172 = 0.016$$

$$\sum fD_x^2 = 1859$$

$$\sum fD_y^3 = 2409$$

故相關係數為

$$r = \frac{1826 - (1172 \times -0.482 \times 0.016)}{\sqrt{(1859 - 1172 \times -0.482^2)(2409 - 1172 \times 0.016^2)}} = 0.938$$

相關係數顯著測驗：相關係數求得後，更需進一步測驗其是否顯著，當樣本很小時， $r$  之分佈近於常態時，其或差為

$$P.E._r = \pm .6745 \frac{(1-r^2)}{\sqrt{N}}$$

式內  $P.E._r$  為或差， $N$  為對數。若  $r$  大於  $P.E._r$  四倍或四倍以上者為顯著；否則不顯著。

當樣本小時， $r$  之分佈並不成常態，則應用上法，頗不相宜，費許氏根據  $t$  分佈，曾創一很精確的方法，用以測定相關係數，其公式為：

$$t = \frac{r \sqrt{N}}{\sqrt{1-r^2}}$$

式中  $n = N - 2$  為估計相關係數之有效自由度，因計算相關係數時，曾用  $\bar{x}$  及  $\bar{y}$ ，故其自由度只餘  $N - 2$  也。

(二) 非直線相關：非直線相關之意義前曾述及。求此種相關之係數曰相關比 (Correlation Ratio)，常以  $\eta$  (eta) 代表之。 $\eta$  有時等於  $r$  或大於  $r$ ，但絕不小於  $r$ ，若二變數之關係為直線時，則  $\eta$  應等於  $r$ ；倘為曲線時，則  $\eta$  大於  $r$ ，故學者常以  $\eta^2 - r^2$  以測驗相關之直線性。 $\eta$  之限制與  $r$  略有分別，其範圍由 0.0 至 1.0，無負數，計算  $\eta$  之步驟可概述如下：

A. 以  $x, y$  二變量數，按普通方法作相關表。

- B. 求各直行 $y$ 數列依 $x$ 之平均數。
- C. 求全 $y$ 數列之平均數。
- D. 以各直行 $y$ 之平均數與全體 $y$ 之平均數求差異。
- E. 求差異(D)及差異自乘 $D^2$ 。
- F. 用各直行之次數乘差異自乘得其總和 $\sum ED^2$ 。
- G.  $\sum fD^2$ 被總次數除，再開方，即得 $\delta my$ 。
- H. 以普通方法求 $\delta y$ 。
- I. 將 $\eta my$ 與 $\delta y$ 代入公式。

$$\eta_{yx} = \frac{\delta my}{\delta y} \quad \text{即得} y \text{ 依 } x \text{ 之相關比。}$$

- J. 若欲求 $x$ 依 $y$ 之相關比時，祇須仿照上法求得 $\delta mx$ 與 $\delta x$ 而代入公式 $\delta xy = \delta mx / \delta x$ ，即得 $x$ 依 $y$ 之相關比。至於相關比之或差公式為：

$$P.E. = \frac{0.6745}{\eta} \frac{(1 - \eta^2)}{\sqrt{n}}$$

用此式以測定相關比之顯著性，其用法與相關係數同。

上述兩種相關係數，僅限於兩個變數：一為自變數( $x$ )；一為依變數( $y$ )。但有時相互關係不祇有兩個因子，而有兩個以上因子(即變數)，吾人欲求得其中兩個因子之純相關，宜消除其他不能控制之相關因子，則所得之相關數謂之淨相關(Partial Correlation)。若求一個變數與兩個以上之其他變數之相關，則此種相關謂之複相關(Multiple Correlation)。其應用及計算方法參考其他統計學，不贅。

## 第六節 直線迴歸 (Linear Regression)

上述相關係數，是一個純粹數字，僅能指示二變數有無關係而已。吾人由相關係數，只知道 $x$ 變更，而同時 $y$ 亦因 $x$ 變更而變更；但其變更

之具體情形，未得而知。設吾人知雨量與作物產量為正相關，但雨量增加幾英寸，產量可增加幾斤，則亦為吾人所欲知悉者，由迴歸線吾人即可用已知之自變數（雨量）而預測（Prediction）依變數（產量）矣。吾人在第三節內已討論單獨變數之次數分配表內，次數有集中趨勢，可以一個地位常數表示之。今在兩個變數之相關表內，亦有集中之趨勢，則可以迴歸線表示之。故所謂迴歸者，即普通有相關之二變數之相關表內，各分佈次數常有集中之趨勢是也，其趨向有時適合直線者，謂之直線迴歸（Regression Straight Line）。若能於表內之集中點劃一條直綫，使與各點最靠近，則此線即可代表二數之相關，以一變數之已知數而可大約預測另一變數之可能數。若相關表內根據  $x$  變數而計  $y$  變數之平均數而作點，則全表內可得若干  $y$  依  $x$  之平均點，若經過表之重心（即二變數之平均變點），與各點最靠近劃一直線，則此線即名為  $y$  依  $x$  之迴歸線（Regression  $y$  on  $x$ ），故迴歸線是二變數之函數，表示二變數之平均之關係，以  $y$  依  $x$  之迴歸，可根據  $x$  而預測  $y$  價。同理，亦可根據  $x$  之平均各點作另一條  $y$  依  $x$  之迴歸線（Regression Line  $x$  on  $y$ ）。

以上所述之迴歸線，乃依照各平均點而隨手劃成，殊不準確（即在一個相關表上，求得各直行與各橫行之平均各點之最近處，可作  $y$  依  $x$  或作  $x$  依  $y$  二迴歸線，已如上述）因迴歸線之用處，在以已知變數來預測未知變數，當用較準確之方法以求得之。所謂真確之迴歸線，最好依據最小二乘法配置最適合綫於直行與橫行之各平均點。則必須應用迴歸方程式（Regression Equation）

迴歸方程式以絕對值表示之如下：

$$Y - \bar{Y} = r \frac{\delta_y}{\delta_x} (X - \bar{X}), y \text{ 依 } x \text{ 之迴歸式}$$

$$X - \bar{X} = r \frac{\delta_x}{\delta_y} (Y - \bar{Y}), x \text{ 依 } y \text{ 之迴歸式}$$

式內  $Y = y$  數列之任何值， $\bar{Y} = y$  數列之平均值。

$\bar{X} = \bar{x}$  數列之任何值， $\bar{X} = \bar{x}$  數列之平均值

$r$  = 二變數之相關數

$\delta y = y$  數列之標準差  $\delta x = x$  數列之標準差

作迴歸方程式之步驟：

1. 先將二變數作相關表，計算  $C_x, C_y; \delta x, \delta y;$  (均須以組距為單位)  $y$  及  $r$ 。
2. 再將  $\delta x, S_y$  各乘其組價，而改以原單位為單位之標準差，若二變數之單位相等時，亦不必作此步，蓋計算迴歸係數時，亦可用以組距為單位之標準差。
3. 計算二“迴歸係數”(Coefficient of Regression)

$$r \times \frac{\delta y}{\delta x} \text{ 爲 } y \text{ 依 } x \text{ 之迴歸係數}$$

$$r \times -\frac{\delta x}{\delta y} \text{ 爲 } x \text{ 依 } y \text{ 之迴歸係數}$$

4. 最後代入上列兩個迴歸方程式。
5. 以一方程式求二點各，劃直綫，即為迴歸線。

### 第七節 “卡平方”測驗

當吾人於雜交育種時，由雜交第二代 ( $F_2$ ) 分離之結果，有多種性狀，按性狀而計其株數，則此株數，即為各性狀之實際次數。由此種實際次數，吾人可以揣想為何種遺傳因子所控制？近於何種遺傳比率？再按其總株數而推算此種遺傳比率之理論次數。如由此所推算之理論次數與實際次數相符合，則吾人所揣想之因子及比率為適合。此種適合性之測定 (Goodness of Fit) 在育種研究上極為重要，1900 年英國皮爾遜 (K. Pearson) 氏，乃創卡平方測驗法 ( $\chi^2$ -test) 以測定實際次數與理論次數之是否符合。其公式為： $\chi^2 = \sum \left\{ \frac{(O-C)^2}{C} \right\}$ ，式內  $O$  為實際次數， $C$  為理論次數，茲舉例說明其計算方法如下：

設  $P_1 AAbb \times aaBB$

吾人以二對因子之 9 : 3 : 3 : 1 比率推測之，則  $\chi^2$ -test 之計算法如下：

		O	C	(O-C)	$\frac{(O-C)^2}{C}$	
$F_1$	AaBb					
$F_2$	A-B- = 132株	A-B-	132	127.125	4.875	0.189
	A-b- = 42	A-b-	42	42.375	-0.375	0.003
	a-B- = 38	a-B-	38	42.375	-4.375	0.452
	a-b- = 14	a-b-	14	14.125	-0.125	0.001
	共計 226	16	226	226		$\chi^2 = 0.643$
		14.125				

本例  $\chi^2 = 0.643$ ,  $n-1 = 3$ , 查費薛氏之  $\chi^2$  表得  $P > .90$ , 即  $\chi^2$  為不顯著，實際次數與理論次數相符合，於是決定此種雜交性狀為二對獨立遺傳之因子所控制，其  $F_2$  之分離比率為 9 : 3 : 3 : 1。此種卡平方測驗法，無論遺傳試驗、研究試驗或栽培試驗，凡欲比較實際次數與理論次數之符合性者均可適用。

### 第八節 差異顯著性之測定

育種試驗之目的，在於比較品系間差異之顯著性而決定其優劣，以作推廣優種之依據。但在比較各品系之優劣時，每因其他人力所不能控制之擾亂因子，影響其間，使結果不易正確，故必須應用適當之統計方法，測定品系間之差異，是否因隨機而發生？抑因事實本身之不同而發生？若然，則其差異之顯著程度若何？關於測定差異顯著性之方法甚多，茲舉其通用者如下：

#### 一 用標準行之產量計算公用標準差 (Generalized Standard Error Computed From Checks)

在育種試驗之初期，因供試品系甚多，為觀察記載之方便起見，常將所有品系依一定之次序排列於試驗田內，同時每籍若干品系置一標準品種，用作測定土壤差異及比較觀察之用。此種試驗方法名為秩序排列法，分析產量時，即用全試驗內之標準行產量計算公用標準差，以測定

各品系之優劣。此法之優點在於能同時試驗大量之品系；但以一個品系之變異，以測定全試驗之變異，不合實地情形，且多設標準區，徒耗地積與人工，殊不經濟，是為本法之缺點。

應用是法時，以全試驗內標準行之產量，用下列公式：

$$\delta m = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

計算標準行產量平均數之標準差，然後再按標準行平均產量計算標準差百分數：

$$\text{標準差百分數} = \frac{\text{平均數之標準差} (\delta m)}{\text{標準差之平均產量} (m)} \times 100$$

用此標準差之百分數，乘各品系之平均產量，再以 100 除之，即得各品系之標準差，然後再計算任何二品系差異之標準差，其公式為：

$$\delta d = \sqrt{\delta A^2 + \delta B^2}$$

式內  $\delta d$  為差異之標準差

$\delta A$  及  $\delta B$  為任何二品系之標準差

於比較各品系之差異顯著性時，可用以下差異與其差異標準差之比例決定之：比例 =  $D / \delta d$

若比例大於 2 時，即表示差異顯著；或以此比例查費許氏  $x$  表而求其機率 (P)，若  $P > 0.5$  時，即為顯著。此法在程行試驗時，多為學者所樂用，其詳細計算步驟將於下章討論之。

## 二 費許氏“t”測驗法 (Fisher, S t-test)

上法查費許氏  $x$  表而定機率之方法，乃以一樣本平均數對於該樣本所由抽出之集體之標準差之比率 (即  $\bar{x} / \delta m$ ) 作常態分佈之智識為根據。但若採用樣本平均數對標準差估數  $S_m$  之比率，則因小樣本之  $S_m$  較大樣本者變異為甚，故比率之分佈，顯然以樣本之大小為轉移。欲測定此種比率之任何值之遭遇機率，必須知其分佈。英國統計學家費許氏將此分

佈作成t表 ( $t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S \sqrt{\frac{N}{2}}}$ )，最適於一般之應用，至於應用“t”測驗法以測定品系間之差異顯著性，依其性質之不同，可分為兩種：

(A) 對比法：若兩個品系之種植區數相同且兩兩配偶排列時，則該二品系之產量顯然有高度之相關，在此情形下，須應用費許氏之對比測驗法，其公式為：

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S \sqrt{\frac{N}{2}}}$$

在此式中N為對數， $\bar{x}_1$ 及 $\bar{x}_2$ 分別為二品系之平均產量。

$$S = \sqrt{\left\{ \frac{1}{2} \sum (x_1 - x_2)^2 - \frac{(Tx_1 - Tx_2)^2}{2N} \right\} / N - 1}$$

今證之如下：設  $n = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$  則  $n - \bar{n} = (x_1 - \bar{x}_1) - (x_2 - \bar{x}_2)$

$$(n - \bar{n})^2 = (x_1 - \bar{x}_1)^2 - 2(x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2) + (x_2 - \bar{x}_2)^2$$

$$\therefore S^2 = \frac{\sum (n - \bar{n})^2}{n} = \frac{\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2}{2(N-1)} -$$

$$\frac{2 \sum (x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2)}{2(N-1)} + \frac{\sum (x_2 - \bar{x}_2)^2}{2(N-1)}$$

$$= \left\{ \frac{1}{2} \sum (x_1^2) - \frac{Tx_1^2}{2N} + \frac{1}{2} \sum (x_2^2) - \frac{Tx_2^2}{2N} - \frac{2 \sum x_1 x_2}{2} + \frac{2Tx_1 Tx_2}{2N} \right\}$$

$$/ N - 1 \quad \text{故 } S = \sqrt{\left\{ \frac{1}{2} \sum (x_1 - x_2)^2 - \frac{(Tx_1 - Tx_2)^2}{2N} \right\} / N - 1}$$

t值算得後，再在自由度  $n = N - 1$  項下查t表，若所查得p值小於0.05時，則二品種之差異為顯著；否則不顯著。今舉例說明其計算步驟如下：



品種A	品種B	(B-A)	
25.5	27.7	2.2	$\bar{B} - \bar{A} = 5.03$
29.6	32.7	3.1	$\frac{1}{2} \sum (B-A)^2 = 149.865$
22.2	26.3	4.1	
27.8	31.2	3.4	$(T_B - T_A)^2 / 2n = 126.5945$
24.8	29.7	4.9	
29.6	36.1	6.5	故 $t = \frac{5.03}{\sqrt{\frac{149.865 - 126.5945}{9}}} \times \sqrt{\frac{10}{2}}$
28.6	35.6	7.0	
27.4	37.1	9.7	$= \frac{5.03}{1.6114} \times 2.2361 = 6.98$
31.6	35.0	3.4	
19.3	25.3	6.0	

$$T_A = 266.4 \quad T_B = 316.7$$

查費許氏 t 表  $t = 6.98 \quad n = 9 \quad p < 0.01$

故知 A、B 兩品種之產量有顯著之差異，B 之產量確較 A 者為高。  
 (B) 不成對 t 法：倘兩品種彼此有明確之區別，而其各區之種植並非配偶成對者，則無論其種植之區數相等或不等，均需應用是法以測定其差異之顯著性。其法為以二品系各個均數與其各區產量作偏差而計算標準差，再以標準差與二品系之平均差異計算 t 值，其公式為：

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{S} \sqrt{\frac{N}{\frac{N_1}{N_1 + N_2} + \frac{N_2}{N_1 + N_2}}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2}{n_1 + n_2}}$$

按照自由度  $n = n_1 + n_2$ ，查 t 表，而定機率之大小，若二品系之區數相等，則

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{S} \frac{N}{\sqrt{2}} \quad S = \sqrt{\frac{\sum(x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum(x_2 - \bar{x}_2)^2}{2(N-1)}}$$

按照  $n=2(N-1)$  查  $t$  表

茲再舉例說明不配對之計算法如下：

品系A( $x_1$ )	品系B( $x_2$ )	$(x_1 - \bar{x}_1)$	$(x_2 - \bar{x}_2)$	
31.1	26.1	-3.7	-2.9	$(x_2 - \bar{x}_1) = 4.2$
37.7	42.9	2.9	3.9	$\sum(x_1 - \bar{x}_1)^2 = 219.41$
31.1	40.2	-3.7	1.2	$\sum(x_2 - \bar{x}_2)^2 = 32.85$
36.5	40.3	1.7	1.3	
32.5	36.9	-2.3	-2.1	$t = \frac{4.2}{\sqrt{\frac{219.41 + 32.85}{9 + 5}}} \times \frac{16}{\sqrt{60}}$
43.5	6   37.7	8.7	-1.3	
35.0	$x_2 = 39.016$	0.2		$= \frac{4.2}{4.24} \times 1.94 = 1.92$
39.3		4.5		
35.3		0.5		
1) 25.9		8.9		
$\bar{x}_1 = 34.79$				

查費許氏  $t$  表  $n=14$   $t = -1.92$   $P > 0.5$  故知 A、B 兩品系之產量無顯著之差異。

### 三 變異數分析法 (Method of Analysis of Variance)

此法亦為史蒂頓氏所倡導，費薛爾氏引申之。其原理為根據試驗結果之總變異，按其已知原因分析為若干部分，而其所餘者，即為原因不明之試驗機誤。此法計算簡便結果精確，實為測定差異顯著性最優良之統計方法，但於應用時，各品系在試驗地的位置須為隨機排列，方可行變異數分析，是法之應用依田間規劃之不同而分為兩種：

#### (A) 隨機區集 (Randomized Blocks)

本規劃於田間種植時，按其重複之次數，將全試驗地劃為若干

區集，再以品種之數目將各區集劃若干小區，使每品種在各區集中皆得種植一區。但其位置須由隨機決定，如是所得之試驗結果，即可應用變異數分析法。

設有  $p$  品種構成重複  $n$  次之隨機區集規劃，則全試驗共有  $np$  個小區，若  $x_i$  代表各區產量  $\bar{x}$ ，為總平均， $\bar{x}_v$  為各品種之平均產量， $\bar{x}_b$  為各區集之平均產量。今即以此為例，說明其變異數分析之原理：

任何一區之產量與總平均作偏差時，可書為以下形式：

$$(x_i - \bar{x}) = (x_i - \bar{x}_v - \bar{x}_b + \bar{x}) + (\bar{x}_v - \bar{x}) + (\bar{x}_b - \bar{x})$$

將上式平方，并積加之

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{np} (x_i - \bar{x})^2 &= \sum_{i=1}^{np} (x_i - \bar{x}_v - \bar{x}_b + \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^{np} (\bar{x}_v - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^{np} (\bar{x}_b - \bar{x})^2 \\ &\quad + 2 \sum_{i=1}^{np} (x_i - \bar{x}_v - \bar{x}_b + \bar{x})(\bar{x}_v - \bar{x}) - \\ &\quad + 2 \sum_{i=1}^{np} (x_i - \bar{x}_v - \bar{x}_b + \bar{x})(\bar{x}_b - \bar{x}) + 2 \sum_{i=1}^{np} \\ &\quad (\bar{x}_v - \bar{x})(\bar{x}_b - \bar{x}) \end{aligned}$$

但等號右邊最末三項為零，因

$$\begin{aligned} &2 \sum_{i=1}^{np} (x_i - \bar{x}_v - \bar{x}_b + \bar{x})(\bar{x}_v - \bar{x}) + 2 \sum_{i=1}^{np} (x_i - \bar{x}_v - \bar{x}_b + \bar{x})(\bar{x}_b - \bar{x}) \\ &\quad + 2 \sum_{i=1}^{np} (\bar{x}_v - \bar{x})(\bar{x}_b - \bar{x}) \\ &= 2 \sum_{i=1}^{np} (x_i - \bar{x}_v)(\bar{x}_v - \bar{x}) - 2 \sum_{i=1}^{np} (\bar{x}_b - \bar{x})(\bar{x}_v - \bar{x}) + \end{aligned}$$

$$2 \sum_{i=1}^{np} (x_i - \bar{x}_b) (\bar{x}_b - \bar{x}) - 2 \sum_{v=1}^{np} (\bar{x}_v - \bar{x}) (\bar{x}_b - \bar{x}) + 2 \sum_{v=1}^{np} (\bar{x}_v - \bar{x}) (\bar{x}_b - \bar{x})$$

四五兩項抵消後：

$$= 2 \sum_{i=1}^p \left\{ (\bar{x}_v - \bar{x}) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_v) \right\} - \frac{1}{2} \sum_{v=1}^p \left\{ (\bar{x}_v - \bar{x}) \sum_{i=1}^n (\bar{x}_b - \bar{x}) \right\} + 2 \sum_{i=1}^p \left\{ (\bar{x}_b - \bar{x}) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_b) \right\} = 0$$

此因任一品種之各區產量與該品種平均之產量之偏差和為零；任一區集內各區產量與區集之平均產量之偏差和為零；同時各區集之平均產與總平均之偏差為零，故上三項之和亦為零。由此可知有品種P個重複n量次之隨機區集試驗，其總變異及其自由度可分為以下三部份：

總數 (1) 品種及區集內 (2)

平方和： $\sum_{i=1}^{np} (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^{np} (x_i - \bar{x}_v - \bar{x}_b + \bar{x})^2 +$

自由度： $(np-1) \quad (n-1)(p-1)$

品種間 (3) 區集間 (4)

平方和： $\sum_{v=1}^{np} (\bar{x}_v - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^{np} (\bar{x}_b - \bar{x})^2$

自由度： $(p-1) \quad (n-1)$

為計算便利起見，可將以上諸平方和變為以下形式：

$$\sum_{i=1}^{np} (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^{np} (x_i)^2 - \frac{T^2}{np}$$

$$\sum_{v=1}^{np} (\bar{x}_v - \bar{x})^2 = \sum_{v=1}^p \left( \frac{T_v^2}{n} \right) - \frac{T^2}{np}$$

$$\sum_{i=1}^{np} (\bar{x}_b - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{T_b^2}{p} \right) - \left( \frac{T^2}{np} \right)$$

式中 $T$ ＝總和， $T_v$ ＝某品種之各區和， $T_b$ ＝某區集之各區和。其第(2)項品種及區集內之平方和即為試驗機誤。可由(1)項減去(3)、(4)兩項之和而得之，不必直接計算。

諸平方和既算出，即可列成變異數分析表，以 $F$ 值測驗而測定全體品種之差異顯著性：

表四十 變異數分析表

變異原因	自由度	平方和	變異數	計算 $F$ 值	理論 $F$ 值
區集間	$n-1$	$\sum_{i=1}^n \left( \frac{T_b^2}{p} \right) - \frac{T^2}{np}$			
品種間	$p-1$	$\sum_{i=1}^p \left( \frac{T_v^2}{n} \right) - \frac{T^2}{np}$	$v_1$	$v_1 / v_2$	在 $n_1 = p-1$ , $n = 2(n-1)(p-1)$ 項下，查 $F$ 表 之 $F$ 值。
機誤	$(n-1)(p-1)$	$(1) - [(3) + (4)]$	$v_2$		
總數	$np-1$	$\sum_{i=1}^{np} (x_i)^2 - \frac{T^2}{np}$			

上表第四列為二、三兩列相當的自由度除平方和所得之結果，費許氏名為變異數(Variance)，如品種之變異數，由 $\left( \sum_{i=1}^p \left( \frac{T_v^2}{n} \right) - \frac{T^2}{np} \right) / p-1$ 而來；計算之 $F$ 值為機誤變異數( $v_2$ )品種變異數( $v_1$ )所得之商。此值若大於理論 $F$ 值，則表示品種間有顯著之差異；若小於理論 $F$ 值，則表示品種間無差異。再者， $v_1 < v_2$ 可不必再計算 $F$ 值，即可斷定品種間之差異不顯著。

若 $F$ 測驗結果為顯著時，可進而行 $t$ 測驗，以比較各個品種之優劣，

其公式爲：
$$t = \frac{D}{S_d}$$

D=任何二品種之平均差異或總差異

$S_d = \sqrt{2v/n}$  (用平均差異比較時) 或  $= \sqrt{2nv}$  (用總數差異比較時) 而v爲機誤變異數。

然後再查t表，自由度=(n-1)(p-1)即機誤之自由度，求機率之大小，以定其優劣。

(B) 拉丁方 (Latin Square)

若受試品種數目較少而欲得更精確之結果時，可採用拉丁方規劃。本規劃之特點，爲將全試驗地分成與品種數相等之橫行及縱行，每品種在各橫行及縱行中必有一區，而其位置則由隨機決定，故其重複之次數等於品種之數目。其試驗結果之分析與隨機區集法相似，若有n個品種，則總變異可分成以下數部分：

變異原因；總數(1) 橫行間(2) 縱行間(3)

平方和  $\sum (x - \bar{x})^2 = n \sum_{r=1}^r (\bar{x}_r - \bar{x})^2 + n \sum_{c=1}^n (\bar{x}_c - \bar{x})^2 +$   
 自由度  $n^2 - 1 \quad n-1 \quad n-1$

品種間(4) 差誤(5)

$$n \sum_{v=1}^n (\bar{x}_v - \bar{x})^2 + (1) - [(2) + (3) + (4)]$$

$$n-1 \quad n^2 - 3n - 2$$

$\bar{x}_r$  = 任一橫行之平均產量， $\bar{x}_c$  = 任一縱行之平均產量

$\bar{x}_v$  = 任一品種量平均產量

將諸平方和算得後，再被相當的自由度除之，而得變異數。然後列變異分析表而行F測驗，若F值測驗之結果爲差異顯著，可再行t測驗，其法與隨機區集者相似。至於本法與隨機區集法之計算示

例，將於下章中說明，不贅。

上述三種測定差異顯著性之方法，各有優劣，學者可依品種數目之多寡及試驗規劃之方式而酌量採用之。除上述三法外，尚有單獨或差法（Separate Probable Error Method）、綜平均偏差法（Deviation from Mean Method）及“Student” Z 測驗法（Z-test Method），唯其應用似不及前三者為廣，學者欲知該三法之計算方法，可參閱其他統計文獻。尚有其他統計方法，為育種時亦常應用者，因限於篇幅，不復討論，幸近來統計書籍甚多，可以參閱。

### 討 論 問 題

1. 育種者對於統計資料之收集應如何注意？
2. 整理統計材料有幾種方法？
3. 集中性測定有幾種方法？何以以均數為最重要？
4. 離中性之測定有幾種方法？何以以標準偏差為最重要？
5. 試解釋標準差之意義及其與或差之關係。
6. 何謂曲線相關與直線相關？試舉例說明之。
7. 單次或差百分數有何用處？相關表是兩個次數分配表所混合，試說明其製法。
8. 如何檢查Snedecor's 氏之F值？說明F值之重要性。
9. 設有二品種其平均產量及或差，如 $A = 356 \pm 2.15$ ； $B = 308 \pm 1.75$ ，試以 $\frac{D}{P.E.}$ 方法計算其差異是否顯著。
10. 試述隨機區組及拉丁方變異數分析法之異同。
11. 樣本（Sample）與集體（Population）在統計上之關係如何？

參 考 文 獻

1. Fishaer, R. A. 1933 Statistical Methods for Research Workers. Ed. 7 .Oliver & Boyd London.
2. Fisher, R. A. 1937 The Design of Experiments.
3. Fisher, R. A. 1938 Statistical Tables for Biological, Agricultural & medical Research.
4. Goulden, C. H. 1939. Methods of Statistical Analysis, John Wiley & Sons, Inc, New York.
5. Snedecor George W, 1946 Statistical Methods, Ed. 4. Collegiate Press, Inc, Ames.
6. Tippett, L. H. C. 1931 The Methods of Statistics, Williams & Norgate, Ltd. London.
7. 洛夫 (H.H.Love) 著：農藝研究統計法 商務  
沈 驥 英 譯
8. 王綬：實用生物統計法 商務
9. 金國寶：統計學大綱 商務
10. Gouldan 著范福仁譯：生物統計與試驗設計 新農企業公司
11. 趙仁鎔：生物統計之理論與實際 新農企業公司  
余松烈



## 第十七章 田間試驗之技術

育種試驗之目的，即在比較供試品種之優劣；而是項試驗，每於田間舉行，故其結果因受人力所不能控制因子之擾亂，往往發生試驗差誤，已如第十四章所述。是以欲求試驗之結果真確，端賴田間試驗技術之合理，以獲得一可靠試驗差誤之估數，用作比較品種間差異顯著之標準。所謂合理之田間試驗技術者，即以適當之試區大小形狀，適當之重複次數及適當之試區排列等，以獲得可靠之結果，而作正確之結論。故本章所討論者，為何種試驗，宜用何種小區，如何排列及如何分析結果等問題。

### 第一節 土壤差異 (Soil Heterogeneity) 之測定

於田間作品種比較試驗時，最理想者為試驗地之完全一致，使供試諸品種受完全相同之處理。唯事實上試驗地內，土壤肥力斷難一致。故無論為大面積或小面積之土壤差異，均是影響試驗結果之精確性。茲將試驗地之土壤差異測定法，討論如下：

測定土壤差異之方法甚多，其中以海列斯 (Harris) 氏1915年所發表之方法為最優，氏為舉行大規模試驗以研究土壤差異之第一人，渠用空白試驗 (Blank Test) 之結果為材料，以類內相關 (Intraclass Correlation) 之方法，計算土壤差異係數 (Coefficient of Heterogeneity) 而決定小區間之差異程度。設所算得之土壤差異係數為顯著，則表示鄰區之產量有顯著之相關，即土壤差異大；反之，設土壤差異係數較小而不顯著時，則知鄰區產量之高低，全由機遇所致，各區間無顯著之土壤差

異。再者，因土壤差異係數之範圍為由 +1 經 0 而至 -1，故若  $r$  為正值時，表示土壤為大塊不勻；若  $r$  為負值，表示土壤為小塊不勻，此為海列斯氏法之要點。

下圖為三十二小區之產量可組成各種排法，如排成  $1 \times 2$ （一區寬二區長之意）或  $2 \times 1$ （二區寬一區長之意）同時可排成  $1 \times 4$ 、 $2 \times 3$  等等，現本例所用者為  $2 \times 2$  之排列法，用以計算土壤差異係數。

22	25	22	20
23	22	22	20
21	22	21	19
22	21	21	19
20	18	20	19
18	20	19	20
18	17	20	18
18	17	20	18

計算土壤差異係數之公式，以用下列形式者較簡：

$$\text{土壤差異係數}(r) = \frac{(\sum(x_t^2) - \sum(x)^2) / (n-1) - T^2 / m \times n}{\sum(x)^2 - T^2 / m \times n}$$

式內  $x$  = 各小區產量                       $\bar{x}$  = 各小區平均

$x_t$  = 每組之產量                           $\bar{x}_t$  = 每組平均

$n$  = 每組之小區數                       $m$  = 組數

根據上圖數字計算之結果為

$$\sum (x_t)^2 = 51488, \quad \sum (x)^2 = 12892, \quad T = 640$$

代入公式：

$$r = \frac{(51488 - 12892)/3 - (640)^2/32}{12892 - (640)^2/32}$$

$$= \frac{12865.33 - 12800}{12892 - 12800} = \frac{65.33}{92} = 0.710$$

土壤係數之或差爲  $P \cdot Er = \pm 0.6745 \frac{1-r^2}{\sqrt{N}}$

$$= \pm 0.6745 \frac{1-0.71^2}{\sqrt{32}} = 0.059$$

因土壤係數大於或差之四倍，故知相關爲顯著，表示土壤差異甚大，又因  $r$  爲正值，知此種土壤爲大塊不均。

又據各學者研究結果，知土壤差異爲普遍性及恆久性。

## 第二節 適當試驗區之規劃

自 Mercer, W.B. 及 Hall, A.D. 發表“田間試驗之差誤”一文後，復經各家之研究，均證明土壤之肥力有極大之差異，而爲影響試驗結果最重要之因子。其最有效之補救方法，莫過於利用適當之試驗規劃。而適當試驗規劃之決定，必藉規劃試驗 (Blank Test 或 Uniformity Trial) 完成之。其法爲在一地區種植同一作物，其所受之處理，亦復相同。成熟時，各行分段收穫，將其組成各種不同之組合，再計算各組合之變異係數。凡組合之變異係數愈小者，其控制土壤差異之效率愈大。復參照用地效能 (Efficiency of Use of Land) 之大小等，而探求試驗區之適當大小、形狀、重複次數及小區之排列等。茲將各家根據規劃試驗之結果，所規定之試驗規劃分述於下：

### 一 小區之面積 (Size of Plot)

所謂小區之適當大小，乃使作物在小區內有充分之數量，其產量可

代表一般情形是也。決定小區大小之因子爲：

### A 試驗結果之可靠度

各學者根據規劃試驗研究之結果，證明小區之大小，在通常情形下，與試驗差誤成反比。即增加小區面積，常使試驗差誤減少。此因較大之小區面積，可佔有較多之土壤變異故也。唯此種現象，亦有一定限度，蓋小區面積過大，則其用地效率減小，徒費人工與土地，殊不經濟。

### B 工作之方便

小區面積之大小，應顧及田間工作是否方便，此以耕作之不同而異，如播種、中耕、灌溉等栽培試驗，小區面積宜大；他如生理、遺傳等研究試驗，則小區面積宜小。

### C 作物之種類

植株較大之作物，如棉花、玉蜀黍等需用大區；而小麥、大豆、小米等小植株作物之小區面積可小。唯此亦因環境而異，其行長、行距亦因作物之種類而不同，大別之如下：

作物種類	大麥 小麥	燕麥 黑麥	水	稻	大豆	粟類	高粱	美棉	中棉	玉蜀黍	馬鈴薯	落花生	
行長 (市尺)	12	12	12	16	15	12	16	30	24	20	30	25	40
行距 (市尺)	1	1	1.5	2	1	1.5	2	2.5	2	2	2.5	2.3	
播量 株距	每行12克	12克	3寸	60粒	6克	3克	15克 1尺	1'	8"	1尺	1'	1' 1.5尺	
改算 因子	1	1	0.5	0.4	1	.5	.2	.2	.3	.2	.2	.3, 1	

## 二 小區之形狀 (Shape of Plot)

狹長形之小區，產量間之相關大，佔有較大之土壤變異，其試驗差誤較方形者爲小，且工作方便，易於觀察，故通常育種家多用狹長形小區。但在生長競爭及邊際影響劇烈時，因同面積方形之四週較長形者爲

小，故在此情形下，可改用方形小區。

### 三 重複次數 (Number of Replication)

將同一品種種植若干區，使其均勻分佈於全田，謂之重複。各學者根據規劃試驗研究之結果，知由於增多重複所減少之試驗差誤，其效率高於增大小區面積。此因重複增多，控制土壤差異之效率增大，同時在理論方面言之，因  $V_m = V_s/n$ ，故知重複次數之多寡，與試驗誤差之大小，成反比也。但其效率亦有限制，因此重複亦不能過多，以節省人工與土地。

### 四 標準區之應用 (The Use of Check)

在秩序排列時，每輪若干品種置一標準區(用農家最優之名種)，用以校正因土壤差異所發生之影響；且便於利用田間觀察及記載，但其缺點亦多，已如前述；故學者對標準區之應用，爭論頗多。海斯氏 (H.K. Hayes) 反對用標準區；而洛夫氏 (H.H. Love) 則主張用標準區，以便比較。在自變異數分析法盛行後，品種產量之差異可直接比較，而無須利用標準區，因此似失其重要性。但在育種初期，因品種較多，為減少試驗之繁複起見，仍有應用標準區之必要。且在抗蟲、抗病試驗中，必設置對照區 (Control Plot 易染病蟲者) 以比較各品種之抵抗能力，故標準區之問題不在應不應有，而在其效用之大小及設置之多少而已。

至於標準區宜用多少，言者亦不一致。有主張多用標準區，始能得準確之結果；亦有主張少用標準區，俾可多種品種者。關於此一點，除用規劃試驗決定外，尚須顧及實際情形；若設置太多，雖理論上可減少差誤。但大半試驗地被標準區所佔，非但耗費土地人工，且比較產量時亦多不便。通常若土壤差異較大，作物之植株較大及需要準確結果時，應設置較多之標準區；反之，宜少用標準區，以便多種品種及省地、省工。

### 五 小區之方向 (Direction of Plot)

小區之方向與試驗精確度亦有關係，由兩個因子決定之。

### A. 土壤差異

小區之方向應與土壤差異較大之方向一致，如此各區皆佔有肥地及瘦地，而克服因土壤差異所發生之影響。

### B. 陽光

因陽光可影響溫度及水分，故必盡量使各區受到均勻之陽光，以避免生長競爭，通常若無其他原因，多喜用南北向，以接受一致之陽光。

## 六 小區之排列 (Arrangement of Plots)

受試驗之各品種宜如何排置於試驗地，此為田間技術上最重要之問題，考小區之排列法，歸納言之，不外以下兩種：

### A. 順序排列 (Systematic Arrangement)

將全部受試品種，按一定順序，依次排列於各重複中，同時每隔若干品種，置一標準區，以作測定試驗地土壤差異之用。例如有四個品種，用順序排列，則其各重複之種植形式為  $exck\ A\ B\ C\ D$   
 $ck\ A\ B\ D\ C\ ck\ \dots$ 。此法之優點，為排列簡單，少生錯誤，在品種數目極多時可用之；唯缺點亦多：

(1) 土壤差異為順序的，若將各品種順序排列，則難以控制土壤差異，而易生順序差誤 (Systematic Error)。

(2) 統計分析之理論為隨機取樣，若將品種順序排列，則不合統計原理。

### (B) 隨機排列 (Randomized Arrangement)

供試品種在各重複中之位置，利用隨機數字決定之，是為隨機排列。此法為費許 (Fisher) 氏所創。其基本形式為前章所述之隨機區集及拉丁方規劃，其優點為能將土壤差異作有效之控制，且合於統計原理，少生偏袒 (Bias)。然供試品種之數目常受限制，是其缺點。

小區之排列問題，本節僅能作簡單介紹，至其方法之應用，當

於以下數節詳述之。

### 第三節 順序排列法及其試驗結果之分析

在育種初期常用此法，又名桿行試驗(Rod—row Test)，其程序為：第一年將採得之單穗、單鈴、單株，播於穗行、鈴行、株行試驗。每穗種一行，行長較短，各品種依次排列，每十行置一標準行。第二年將穗行試驗之較優者，每品種種兩行，稱為二行試驗。此時之行長即按規則試驗所求得之最適宜之行長種植。每五行置一ck。次年因作物之種類及優劣不同，或繼續二行試驗；或升級種五行試驗(每品種種五行)；以後再自五行試驗中選優，播種十行試驗(每品種種十行)，共行長及ck等同二行試驗。最後高級試驗時，若仍用順序排列法為使結果之精確起見，可每兩行置一ck，同時小區用三行區(惟目前國內各試驗場，已將高級試驗改用隨機排列)。

桿行試驗之結果，除穗行試驗根據田間觀察選優外，餘則均利用ck計算或差或標準差，以作試驗差誤之估計；並以ck計算各行之理論產量而矯正因土壤差異所發生之影響。其理論產量之計算，通常多喜用等級法，若五行置一ck，則其公式為

$$\frac{ck_2 - ck_1}{5} = x$$

ck<sub>2</sub> 及 ck<sub>1</sub> 間各品種之理論產量為 ck<sub>1</sub>-x、ck<sub>1</sub>-2x、ck<sub>1</sub>-3x、ck<sub>1</sub>+4x，以後再求實際產量與理論產量之差，再根據由 ck 所算得之公用標準差而決定各品系之優劣。今舉例說明各種桿行試驗之分析法如次：

#### 一 二行試驗結果之分析

下表第三直行為第二直行二行產量之平均。第四直行之理論產量即為根據前述公式算出者：

品系號數	行號及產量		二行平均	理論產量	產量比較
CK	0 (350)	(340)	345		
A	1 (392)	1001 (340)	366	349	17
B	2 (344)	1002 (330)	337	353	-16
C	3 (408)	1003 (414)	411	357	54
D	4 (370)	3004 (324)	347	361	-14
CK	5 (360)	3005 (370)	365		
⋮	⋮	⋮			
⋮	⋮	⋮			

表四十一 二行試驗產量計算表

$$x = \frac{CK_2 - CK_1}{5} = \frac{365 - 345}{5} = 4$$

$$A = 345 + 4 = 349$$

$$B = 345 - 2 \times 4 = 337$$

$$C = 345 + 3 \times 4 = 357$$

$$D = 345 - 4 \times 4 = 329$$

由各品種之平均產量減去理論產量，即得第五直行之產量比較，凡產量比較為正者及有其他優良性狀者，可以入選。唯宜選多小，當視實際情形而定。

## 二 五行試驗結果之分析

為簡便起見，僅以下表之簡便數字為例，說明其計算步驟：

品系號數	行號及產量					平均產量 (m)	理論產量	產量比較	本異顯著標準 (2Sm%) × m
CK	0					14.0 ± 0.84 (6.0%)			
A	1	101	201	301	401	11.0	13.6	-2.6	
B	2	102	202	302	402	16.0	13.2	2.8	2.24



C	3 (14)	103 (16)	203 (18)	303 (19)	403 (20)	17.4	12.8	4.6	2.42
D	4 (10)	104 (12)	204 (14)	304 (14)	404 (13)	12.6	12.4	0.2	1.75
CK	5 (12)	105 (10)	205 (10)	305 (13)	405 (15)	12.9 ± 0.95 (7.92%)			

本試驗之平均產量、理論產量及產量比較，同二行試驗之計算法；所異者為求諸ck之Sm%及求2倍平均之Sm%乘平均產量。由平均數計算標準差之公式：

$$Sm = \pm \sqrt{\frac{\sum D^2}{N \cdot n(n-1)}} \quad \text{故第一組CK之Sm爲：}$$

D	D <sup>2</sup>	
13	-1	1
12	-2	4
14	0	0
14	0	0
17	3	9
57.0		14

$$\therefore Sm = \pm \sqrt{\frac{14}{5 \times 4}} = \pm 0.84$$

$$Sm\% = \frac{0.84}{14} \times 100 = 6.0\%$$

$m=14$

第二組CK之Sm =  $\pm \sqrt{\frac{18}{20}} = \pm 0.95$  ;  $Sm\% = \frac{0.95}{12.0} \times 100 = 7.92\%$

故平均之  $Sm\% = (6.0 + 7.92) / 2 = 6.96\%$

至於二倍平均之Sm% × 平均產量之求法，如品種B為 13.92% × 16.9 = 2.34，其他品種亦用同法求出。凡產量比較大於2倍平均之Sm%乘平均產量，表示該品產量確實高於ck，可以入選，下年可升十行試驗。

### 三十行試驗結果之分析

十行試驗結果之分析與五行試驗大體相似；所不同者，在於求Sd，而Sd =  $\sqrt{2} Sm\%$ ，即差異之標準差。然後再以2Sd及3Sd乘平均產量

○凡產量比較大於此數者，表示產量確優於ck而為較優品種。

此種原理與前章所述費許氏之  $t$  測驗法相似，按費許氏  $t$  法之公式為： $t = \frac{D}{Sd}$  亦可寫為  $D = t \times Sd$ 。

在十行試驗中之  $D$ ，相當於產量比較（平均產量與理論產量之差），而  $t$  值在  $P=0.05$  時近於 2； $P=0.01$  時近於 3，至於  $Sd$  之公式，原為  $Sd = \sqrt{\frac{S_A^2 + S_B^2}{N}}$  但該試驗中，所用之標準差為公用標準差，即

$S_A = S_B$ ，因之：

$$Sd = \sqrt{S^2 + S^2} = \sqrt{2} S, \text{ 由此可知公式}$$

$D = t \times Sd$  可書為  $D = 2 \times Sd, D = 3 \times Sd,$

若  $D > 2 \times Sd$  時，其機率  $p > 0.5$  表示差異顯著。

$D > 3 \times Sd$  時，其機率  $p > 0.1$ ，表示差異極顯著。

#### 第四節 田間試驗之原理

自費許氏倡導變異數分析法後，田間試驗之技術，乃為之改進而為作物育種學者競相採用，其所報告之原理為：

##### 一 重複 (Replication)

田間試驗時，每品種種植數次而使其分佈於全試驗地，謂之重複，功效有三：

##### A. 減少試驗差誤

每品種重複種數次，則佔有較大之土壤差異，使各品種少受土壤差異之影響而使試驗差誤減少，其功效達較增加小區面積為大。

由於設置重複而增加之精確度，在另一方面言，係由不同自由度之  $t$  分配而起，查  $t$  表，知當自由度為 1 時  $P$  為 0.05 之  $t = 12.706$

；當自由度為60時，P為0.05之 $t=2.00$ ，故在一個自由度情形下，呈現顯著效果時所需之差數，遠較在60個自由度下所需者為大，由此可知重複與試驗精確度之關係。

再者，行 $t$ 測驗時所用之 $S_m = S_s / \sqrt{n}$ 。此處之 $n$ 即為重複，故重複愈多，則 $S_m$ 愈小而試驗愈趨精確。

### B 估計試驗差誤

因差誤之計算，係根據數個個數值 (Variates)，與其平均數作差異而算得；故無重複，則試驗差誤無從估計。

### C 控制試驗差誤

利用重複可分總變異為重複間、品種間及試驗機誤三項，使試驗機誤只含取樣差誤。因之，差誤之意義格外明瞭，故利用重複可將差誤作有效之控制。

## 二 地域限制 (Local Control)

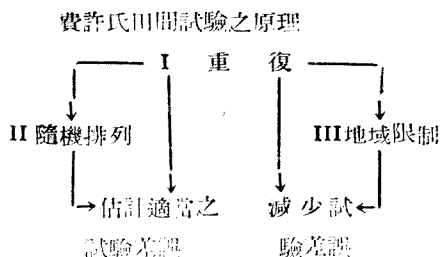
增加重複固可減少試驗差誤，但重複增多，則試驗地之面積加大，土壤差異加大，因而影響試驗之精確度，有違試驗“極相鄰”之原理 (Principle of Maximum Contiguity)。為克此弊，故有區集之設置，使每一重複作為一區集，謂之地域限制。再在區集中按品種數目劃小區，如此，則每品種在各區集中俱有一區。區集與品種相互平衡，既能應用變異數分析法分析試驗結果，復有控制土壤差異之效。

## 三 隨機排列 (Randomization)

設無重複，差誤無從估計；即有重複，亦必須獲得適當之試驗差誤。因取樣之理論既為隨機取樣，故試驗時各小區在區集內之位置必須隨機決定，乃合乎取樣理論，始能獲得適當之試驗差誤；否則，若用順序排列，則容易發生順序差誤而失之偏袒矣。

上述原理為費許氏中間試驗之三大骨幹，三者互相為倚，用以減少試驗機誤及估計適當之試驗差誤。近代各種新穎之品種比較試驗方法，

皆根據此種原理而來。今將相互關係及功效圖示如下，以作本節之結束：



### 第五節 普通隨機區集及拉丁方試驗之規劃及分析

前章曾述及應用變異數分析法之基本規劃有二：即普通隨機區集與拉丁方試驗，此二者俱適合上述之三個原則。今將分別說明其規劃及分析法：

#### 一 隨機區集 (Randomized Blocks)

##### (A) 田間規劃

在試驗地中按重複次數，劃為若干區集，使每一重複佔一區集，如此可將所有品種緊縮於最小之面積上，而達地域限制之目的。然後再在每區集中按品種數目劃為若干小區，使每品種在各區集中皆佔有一小區，但其位置則由於隨機決定，故每區集之品種次序各異，而其內容則完全相同，品種與區集相互平衡。

關於區集及小區之形狀亦應注意，務使其合於控制土壤差異之原理。由於四方區之四週較長形者為小，即相倚的部份較小，故產量間之相關亦小，而差異較大，所以區集以方形者為宜，如此始能除去較大之土壤差異而減少試驗差誤。但各區集亦應盡量使其密集於一處，以減少全試驗之土壤差異。至於小區之形狀，若生長競爭邊際影響不劇烈時，宜為長形，因如是小區間始有較大之相關，才

能減少區集內之差誤。

今設有A.B.C.三個品種，排成隨機區集規劃，重複四次如下圖。先將全試驗地劃為四個區集，再將每個區集劃成三個小區；每品種在每區集中必有一區，而將各品種隨機排於各區集小區中。故隨機區集之規劃僅有一次地域限制。關於品種隨機排列之方法，以利用隨機數字為最好，可參閱其他文獻。設本例隨機後，各品種之位置為：

I	1	2	3	4	5	6	II
	C	B	A	A	B	C	
	(8.5)	(14)	(7)	(16)	(15.5)	(16.5)	
IV	12	11	10	9	8	7	III
	B	A	C	C	A	B	
	(21)	(13.5)	(13.5)	(9.5)	(10.5)	(15)	

在田間舉行試驗植時，即可按此圖種植。

### (B) 結果之分析

上圖每小區括號內之數字為每區之產量，按前章所述隨機區集之變異分析法可分析其試驗結果：

先將各品種各區集之產量綜合如下表：

重複 品種	I	II	III	IV	總計
A	7.0	16.0	10.5	13.5	47.0
B	14.0	15.5	15.0	21.0	65.5
C	8.5	16.5	9.5	13.5	48.0
總計	29.5	48.0	35.0	48.0	160.5

$$\text{總和}(T) = (7.0 + 14.0 + \dots + 15.5) = 160.5$$

$$\text{校正數}(C) = T^2 / np = 160.5^2 / 4 \times 3 = 2146.6875$$

$$\text{總數平方和} = \sum (x)^2 - C$$

$$= (7.0^2 + 14^2 + \dots + 15.5^2) - 2146.6875 = 170.0252$$

$$\text{品種平方和} = \sum \left( \frac{T_v^2}{n} \right) - C$$

$$= (47^2 + 65.5^2 + 48^2) / 4 - 2146.6875 = 54.1250$$

$$\text{區集平方和} = \sum \left( \frac{T_b^2}{p} \right) - C$$

$$= (24.5^2 + 48^2 + 35^2 + 48^2) / 3 - 2146.6875 = 87.7292$$

$$\text{機誤平方和} = 170.0625 - (54.125 + 87.7292) = 28.2803$$

根據以上諸平方和可列成變異數分析表：

變異原因	自由度	平方和	變異數	計算 F 值	理論 F 值
區集間	3	87.7292	29.24		
品種間	2	54.1250	27.06	5.76	F=5.14
機誤	6	28.2803	4.70		P=0.05
總數	11	176.0625			

計算之 F 值 (5.76) 大於理論之 F 值 (5.14)，故知品種間之差異顯著，而有進行 t 一測驗之必要：

$$\text{總數之差異標準差}(sd) = \sqrt{2nV}$$

$$= \sqrt{2 \times 4 \times 4.70} = 6.13$$

$$n=6 \quad \text{查 } t \text{ 表} \quad \begin{cases} t(.05) = 2.45 \\ t(.01) = 3.71 \end{cases}$$

5%之顯著標準 =  $t(.05) \times Sd = 2.45 \times 6.13 = 15.02^*$

1%之顯著標準 =  $t(.01) \times Sd = 3.71 \times 6.13 = 22.74^*$

凡品種總產量之差異大於15.02者為顯著；大於22.74者差異極顯著。今將  $t$  測驗之結果，綜列如下表：

品種	總產量	差 異	
		B	C
B	65.5		
C	48.0	17.5*	
A	47.0	18.5*	1.0

表中第二行、第三行之數字為上端品種之產量減去左端品種之產量所得之結果。由此可知三品種中以B品種為最優，與A及C均有顯著之差異；而A、C兩品種之差異為不顯著。

## 二 拉丁方 (Latin Square)

拉丁方為費許氏更進一步之田間試驗規劃，若受試之品種數目極少，而欲得極精確之結果時，此法最為適用。

### A. 田間規劃

其方法與隨機區集略似，所不同者，乃將全試驗地按品種數目劃為數目相等之橫行與縱行。安置品種時，須受兩種地域限制，即每一品種於各橫行及各縱行內只能發現一次。此種規劃之特點，為縱橫行之數目與品種數目相等，品種有若干個，即須重複若干次，故受試品種之數目常有限制。通常  $8 \times 8$ （即八個品種）之拉丁方即認為大者；因其所佔地積較大，不但費人工，且土壤差異亦因此而大增。但若為  $4 \times 4$  或更小之拉丁方亦不合宜，因變異數分析時，機誤之自由度不宜小於10。此外拉丁方之全試驗地及小區必為方形，始能表露其優點，故對試驗地之伸縮性甚小，此亦為其缺點。

。唯因其能除去兩個方向之土壤差異，以增進試驗之準確度，故舉行精確之比較試驗（如區域試驗、高級試驗）時，仍為學者所採用。

其小區之排列亦由隨機決定，用隨機數字先決定各縱行或橫行各品種之位置後，為求得理想之隨機排列計，再將縱行及橫行之位置隨機列排之田間種植時，即按最後所得之拉丁方播種；或由葉斯氏（F.yates）之拉丁方變換組（Transformation Set）完成之。先隨機決定用第幾個標準方，然後再將縱橫行隨機調換，其詳細步驟，可參閱其他文獻。

B. 結果之分析

若A.B.C.D.E.五個品種排成拉丁方試驗，其田間排列如下圖。括弧內為小區之產量，最下端之一橫行及最右側之一縱行，分別為各縱行及各橫行產量之總和。今將其試驗之結果分析如下：

拉丁方產量登記表

Tr (橫行和)

C (402)	A (317)	B (392)	E (282)	D (383)	1776	
A (289)	D (398)	E (378)	C (387)	B (365)	1708	
E (305)	C (387)	D (401)	B (371)	A (270)	1734	
D (419)	B (384)	C (393)	A (264)	E (317)	1777	
B (354)	E (350)	A (345)	D (432)	C (403)	1890	
Tc(縱行和)	1760	1842	1809	1736	1758	8885 = T總數

根據上表計算各品種之總和及平均如下：

品種	總和	平均
A	1476	295.2
B	1866	373.2



C	1972	394.4
D	2033	406.6
E	1538	307.6

$$\text{校正數}(c) = T^2 / n^2 = 8885^2 / 25 = 3157729$$

今再將各平方和計算如下：

$$(1) \text{總數平方和} = \sum (x^2) - c \\ = (402^2 + 230^2 + \dots + 403^2) - 3157729 = 63221.00$$

$$(2) \text{橫行平方和} = \sum (T_c^2) / n - c \\ = (1776^2 + \dots + 1890^2) / 5 - 3157729 = 3876.00$$

$$(3) \text{縱行平方和} = \sum (T_c^2) / n - c \\ = (1842^2 + \dots + 1735^2) / 5 - 3157729 = 1748.00$$

$$(4) \text{品種平方和} = \sum (T_v^2) / n - c \\ = (1476^2 + \dots + 1538^2) / 5 - 3157729 = 51840.80$$

$$(5) \text{差誤平方和} = (1) - \{ (2) + (3) + (4) \} = 5755.20$$

將上結果列成變異數分析表

變異原因	自由度	平方和	變異數	計算 F 值	理論 F 值
橫行間	4	3876.0	969.0		
縱行間	4	1748.0	437.0		
品種間	4	51840.8	12960.2	27.02	F=3.20*
差誤	12	5755.2	479.6		F=5.41**
總數	24	63221.0			

因計算之  $F$  值  $27.02 > 5.41$ ，故品種間之差異極顯著，再進行  $t$  測驗而決定各個品種之優劣。

$$\text{平均數差異之標準差 } S_d = \sqrt{\frac{2v}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 419.6}{5}} = 13.851$$

在自由度為 12 之項下查表， $t = 2.18, t = 3.06$

$$5\% \text{ 之差異顯著標準} = t_{(.05)} \times S_d = 2.18 \times 13.851 = 30.18^*$$

$$1\% \text{ 之差異顯著標準} = t_{(0.0)} \times S_d = 3.06 \times 13.851 = 42.38^{**}$$

凡任何二品種平均產量大於顯著標準者為差異顯著；否則為不顯著。

品種	平均產量	D	C	B	E
D	406.6				
C	394.4	12.2			
B	373.2	33.4	21.2		
E	307.6	99.0	86.8	65.6	
A	295.2	111.4	99.2	78.0	12.4

由此吾人所得結論，為品種 D.C.B. 皆較 E.A. 為優，且差異極為顯著；D 亦優於 B，唯僅達 5% 顯著點；其他 D 與 C，C 與 B 及 E 與 A 皆無顯著之優劣。五個品種中，以 D 為最優，C 次之，而 A 最劣。

### 第六節 品種比較試驗之新法

前章所述之普通隨機區集與拉丁方所得之試驗結果，固較順序排列法為準確，但其最大之缺點為品種數目過多時，區集太大，有違試區“極相隣”之原理，因而減少差誤之控制效率，故不適於多數品種比較試驗時之用。英人葉斯氏為克服此種困難，又創數種新規劃，其裨益於育种家，殊非淺鮮。唯本章因限於篇幅，僅能將其要意約略提及，其詳細

之規劃及分析法，可參考拙著作物育種實驗或其他書籍。

### 一 擬因子式試驗規劃 (Quasi-factorial Design)

此法之原理與因子試驗之相倚不分方法(Confounding)相似，將每一重複分成若干區集，而以所有受試品種分種於此等區集之內。即以此等區集用作控制試驗差誤之單位，此種規劃依其形式之不同，又可分為二向三羣(Lattice)、二向三羣(Tribble)及三向三羣(Cubic Lattice)三種：

### 二 平衡不完全區集試驗規劃 (Balanced Incomplete Blocks)

此種規劃方式與前者之異點，在於擬因子式雖將各品種均分為組，但其所有受試品種中，僅有一部分品種有同處於一區集之機會，因之，同組之品種與異組之品種之比較，其精確度不能完全相等，而平衡不完全區集法，則所有受試品種中之任何二品種，必有同處一區集內之機會，使其平衡，因此所有品種均有同等之精確度。本規劃因其品種數目之關係，復可分為三種規劃方式：即(A)品種數目 $=p^2$ (每區集含 $p$ 區)；(B)品種數目 $=p^2 - p + 1$ (每種集含 $p$ 區)及(C)每區集所含區數不等於 $p$ 。

### 三 擬拉丁方 (Quasi-latin Square)

若品種數目不甚多時，為求結果之準確計，可將供試品種排成擬拉丁方，而使假定之因子與橫行及縱行相倚不分，以消除試驗地縱行及橫行之土壤變異。在平衡不完全區集試驗中，其所需之羣數，當供試品種等於 $p^2$ 時為 $(p+1)$ 。故如 $p$ 為單數時，則羣為偶數。若將每一羣排成一拉丁方，其中一羣排列為拉丁方之橫行，另一羣排為拉丁方之縱行。則 $(p+1)$ 羣可排成 $\frac{1}{2}(p+1)$ 個拉丁方，亦即重複 $\frac{1}{2}(p+1)$ 次。但若 $p$ 為偶數時，則規劃較繁，須有 $(p+1)$ 個拉丁方始可。如此所排成之擬拉丁方，每一品種與其他任何一個品種有一次排在同組中之機會，故各品種之比較亦可得到相當之精確度。

### 四 希臘拉丁方 (Graeco-latin Square)

若將二個拉丁方疊置於一起，一個拉丁方用希臘字母代表，則可構

成希臘拉丁方。每一希臘字母或拉丁字母，在一橫行或一縱行中祇有一次發現之機會，同時每一拉丁方與每一希臘字母，只有一次相遇之機會。希臘拉丁方為裂區拉丁方之一種，唯前者無主副處理之分，故能免去主處理或副處理比較之不同等。

若一區內包括三個或三個以上之品種，則須用超希臘拉丁方（Hyper-Graeco-latin Square），每主區內所包括之數品種，各用一種字母代表，此種規劃之條件與希臘拉丁方相似。而每種字母之每一字，在每一橫行及縱行內只能發現一次。同時任何兩種字母之每一字，亦只有一次相遇之機會。

上述四種之試區規劃，視供試品種數目之多少，而酌情採用。今將各規劃適用之品種範圍簡列如下：

規劃方式	品種數目
二向三羣擬因子式試驗	30—200
二向三羣擬因子試驗	
三向三羣擬因子試驗	100—300
不測不完全區集試驗	13—73
擬拉丁方	
希臘拉丁方	10—24

## 討 論 問 題

1. 田間試驗之目的安在？
2. 試舉例說明土壤差異之普遍性及恆久性。
3. 試解釋赫來斯氏（Harris, J.A.）之土差相關係數計算法。
4. 何謂空白試驗？其目的安在？
5. 試述試驗區之大小、形狀及重複次數對於試驗真確性之關係。
6. 標準區有何用處？試舉其利弊各數點。

7. 試舉例說明秩序排列法及其對於試驗結果之真確性。
8. 試述各種隨機排列法及其對於試驗結果之真確性。
9. 拉丁方及隨機區集之試驗結果應如何分析之，試舉例詳述之。

### 參 考 文 獻

1. Borden, R. J. 1939. A Statistical Analysis for Field Experiments, Hawaiian Planter's Record 43: 75—114.
2. Fisher, R. A. 1937. The Design of Experiment Ed.2.
3. Fu Siao, 1935. Uniformity Trials with Cotton. Jour. Am. Soc. Agr. 21:971—975.
4. Love, H. H. —Experimental Methods in Agricultural Research, 1943.
4. Paterson, D. D. 1939. Statistical Technique in Agricultural Research McGraw-Hill Book Co., Inc. N. Y.
5. Shen, Li-Ying 1943—Statistical Analysis of A Blank Test of Rice with Suggestion for Field Technique. Agricultura Sinica 1: 107—138.
6. Shen, T. H. 1930, Field Technique for Determining Comparative Yields in Wheat under Different Environmental Conditions in China, Jour. Am. Soc. Agr. 22: 193—215.
7. J. Whishant 及 H. G. Sanders 著；田間試驗之原理與實施。  
(馬保之 范福仁譯)
8. H. K. Hayes 著；潘簡良譯：作物育種法。
9. 范福仁 田間試驗之設計與分析
10. 潘簡良 因子試驗及擬因子試驗之設計及分析
11. 包敦樸 實用田間技術

