

植物育種學

卷上

汪呈因編著

商務印書館發行

中華民國二十六年二月初版

◆(54206A)

植物育種學卷一冊

每冊實價國幣壹元陸角  
外埠酌加運費匯費

編著者 汪 呈 因

發行人 王 雲 五

印刷所 上海河南路 商務印書館

發行所 上海及各埠 商務印書館

\*\*\*\*\*  
版 翻  
權 印  
所 必  
有 究  
\*\*\*\*\*

(本書校對者張叔介)

徐

## 序 言

十九年秋，余猶任教勞大農時，覺中國農業之改進，育種甚關重要，而此項參考書籍缺乏，乃開始編著實用植物育種學。後因一二八國難發生，原稿損失大半，二十二年來杭服務，復欲繼續前志，惟因場務頗重，屢續屢斷。今年擺脫浙省第五區農場場長兼職，始得抽暇完成此卷。

育種學原可分為三大部分，即一為生物遺傳之原理，二為田間工作之技術，三為利用統計學解釋試驗之結果。有若干著者偏重遺傳理論，殊欠失當，因遺傳學早為獨立之科學。統計學在植物育種上之利用，近數年來，已成育種學之最重要部分。但前此十餘年，歐洲大陸之育種場所，曾未應用生物統計學，亦得良好之成績矣。

本書擬分上下兩卷，上卷通論，下卷各論，現今中國農系教育機關及農業改進機關，多採用美國洛夫先生所傳授之桿行試驗法，而本書上卷根據比國農學院教授拉士韋色氏 (V. Lathouwers) 所著之作物育種學 (Amelioration des Plantes Cultivées) 及個人前在法國育種場工作之經驗，對於歐洲純系選種之田間技術，敘述獨詳，以為我國田間工

作同志之參考。他如洛夫、韋適氏方法則摘要論之，餘詳下卷各論。

本書之農業專門名詞概採我國已有之名詞，如必須譯名，則附原文於各頁下端，以便參考。人名概蔡子民李石曾二先生合定之音表舉之。

本書初稿時，多承莫定森先生指導、馮紫崗先生之敦侃及丁耀宗阮模二先生之幫助，謹誌謝忱！

一九三六年六月五日於杭州，汪呈因

# 植物育種學

## 卷上 通論

### 第一編 緒論

#### 第一章 植物育種學之重要

人類愈進化，愈求生活之滿足，即愈求應用動植物生產力之增加，其方法有消極的與積極的兩種，消極的在改善動植物生長之環境，積極的在培育動植物優良之品種，即育種學是。故育種學之目的，統言之，為期求人類生活之滿足，分言之，則為增加產量，改良品質，求合需要及防治病虫害四者。

(一) 增加產量 在同一面積同一環境中，用育種方法增加產量，成效卓著，例如法國巴黎未洛某園育種場 (1) 小麥新品種之產量由每公頃十七公担增至六十公担。(2) 瑞典 Svalof 育種場 小麥新品種由

註 (1) Vilmorin

(2) 六十公擔等於六千公斤，合每中畝 375 公斤或 750 市斤。

每公頃二十公担增至五十公担。作者在浙江農場所獲之純系小麥，如四川巴中產量比標準土種高 20%，純系水稻，如五區一號產量高 80%（每畝 680 市斤）。

（二）改良品質 產量增加固宜側重，品質改善亦關緊要。例如中歐甜菜原僅含糖分 6%，近由未洛某園育種場長期間育種之結果，已增加至 20%。我國原有土棉纖維粗短，只能紡十餘支紗，現有改良棉，例如靈寶地方馴化之美棉，可紡四十支紗。

（三）求合需要 農產物之能否推銷，亦為重要問題，換言之，須用育種方法改良農產物之性狀與品質適合地方之需要。例如法國麵粉廠需要紅皮小麥，故白小麥種漸被淘汰。又如玉蜀黍可為製糖之原料，亦可為製油之原料，育種家須斟酌地方之需要，施行育種之方法。

（四）防治病虫害 育種為根本防治病害方法之一，例如小麥銹病為害甚烈，但育種家能創造新品種以抵抗之。浙江省稻麥改良場雜交小麥九號即是一例。在防治虫害方面，育種之效力雖不如抵抗病害大，但亦不可忽視。例如凡棉花之葉呈鷄腳式者受捲葉虫害輕，呈鴨腳式者受捲葉虫害重。

總之，育種學在農業改良上佔最重要之一課矣。

## 第二章 植物育種學之沿革

人們自知栽培植物以後，即利用各種方法增加田地之生產，首先從事改良農具、耕作法、施肥法、播種法，次試驗新種之輸入，（我國自張騫氏使西域後，輸入外國植物種子甚多，如蠶豆、西瓜、番薯、馬鈴薯等等）及新種如何適應本地氣候與土質，最後始研究植物之遺傳，而為育種學之發軔焉。

在上古時代，中國與羅馬已有選種之思想及事蹟，（1）但無科學之研究耳。真正育種學之起源，實始於十七世紀。因當時發明植物雜交法，（2）1719年費洛希洛德氏（3）試驗雜交石竹，1759年克洛洛氏（4）雜交菸草，皆為其著名者。至十九世紀上半葉，自佳洛脫乃氏（5）實際試驗後，人工交配法（6）益為世人所重視。

1819年，英人巴弟克希來弗氏（7）在愛考色（8）地方從事選擇小麥中天然變種，1823年，法人洛苦脫氏（9）復繼續其工作，而完

註（1）尚書序云：唐叔得禾，異畝同穎，獻諸天子，王命唐叔東歸於周公作佳禾。

（2）Croisement. （3）Fairchild （4）Koelreuter （5）Gaertner

（6）hybridation （7）Patrick Shireff （8）Ecosse （9）Le Conteur

成一種新品種，名曰 *Bellevue de Tulavera*。然真正育種家以法人 路易未洛某 (1) 爲第一，因其首先發明科學選種方法，曾先後改良甜菜之糖分(1830)、穀類作物及花卉(1855)，均得顯著之成功，而規模宏大之未洛某開育種場，亦藉此知名世界矣。德人 關卜氏 (2) 從事改良圓麥及小麥之工作始於 1867 年。

當十九世紀下半葉，大生物學家達爾文氏之物種起源(1859)、變異(1868)及直接受精與雜交(1877)等驚人著作問世後，植物改良乃益有科學之基礎，自此，研究遺傳學儼若雨後春筍，然斯時用科學方法試驗改良應用植物最著名者另有三人，即法國之堯洛當氏 (3) 腦丹氏 (4) 與奧國修士蒙德爾氏 (5) 是也。

堯洛當氏對十字花科之一種名 *Draba Verna* 植物有詳細之試驗與報告 (1873)，並證明林奈氏 (6) 種中又可分原種 (7) 或小種，乃建立近代純系選種或單本選種之科學基礎，但此時育種家仍多沿用混合選種法，首先創用單本選擇法者乃哈來氏 (8) (1875)。斯後育種之事業勃然興起，如 1890 年關卜氏之在色舌關色洛脫 (9) (德國)，1891 年風內洛佳德氏 (10) 之在色哇老弗 (11) 均已應用純系選種法改良植物矣。

在 1861 年之後，腦丹氏用茄科之曼陀羅與菸草二種植物研究第

---

註 (1) Louis de Vilmorin (2) Rimpau (3) Jordan (4) Naudin  
 (5) Mendel (6) Linné (7) espèce elementaire (法)  
 elementary species(英) (8) Hallet. (9) Schlansledt  
 (10) Von Neergard (11) Svalof.



一代雜交遺傳，多方試驗乃發明與蒙德爾氏不謀而同之兩項遺傳法則。至 1856 年蒙德爾氏就碗豆與水蘭(1)研究第二，第三代雜交遺傳，歷時八載，發明更多之遺傳法則，是為近代育種家之圭臬。惟該項驚人報告，雖出世於 1869 年，當時湮沒無聞，至 1900 年由考蘭氏(2)脫色舌洛馬克氏(3)及德佛禮氏(4)三學者復發現於古書中，所謂蒙德爾氏雜交遺傳定律始得轟傳於後世。

現今談育種方法不外二者，一為純系選種以堯洛當氏學說為中心，一為人工交配，以蒙德爾氏發明為基本。另有荷蘭植物學家德佛禮氏發明由突然變異可以育成新種，此項學說在育種學上及遺傳學上亦占一重要位置。

近十餘年來自某洛岡氏(5)居愛腦氏(6)等研究後，生物遺傳學日益精進，自非舌、(7)洛夫、(8)洛每、(9)海斯(10)諸氏研究後，生物統計學日見重要，因之育種學更有長足之進步矣。

- 
- |                 |             |               |              |
|-----------------|-------------|---------------|--------------|
| 註 (1) Hieracium | (2) Correns | (3) Tschermak | (4) De Vries |
| (5) Morgan      | (6) Cuénot  | (7) Fisher    | (8) Love     |
| (9) Roemer      | (10) Hayes  |               |              |

### 第三章 植物改良之方法

近今行作物改良之方法，可大別爲三類：

引種客種

改良土種

創造新種

(甲) 引種客種 輸入外國優良品種，或外省優良品種，我國古代已多，近代尤甚；其最著者如美國棉種，法國梧桐樹之輸入中國，南京赤穀小麥及百萬棉之輸入浙江等皆是。歐美諸國亦然，如比利時小麥品種有法國之 Hybrides de Vilmorin，德國之 Staube，英國之 Goldendrop, Dattel 等；美國小麥品種有俄國之 Kharkof, Malakof, 澳大利亞之 Federation 等。

但引種客種總須首先施行馴化試驗或地方試驗數年，方可證明其究竟是否適合本地氣候土質。且當實行地方試驗田間工作時，最宜注意去劣去偽。經驗告訴我們，在很多地方引種客種，起初產量雖較多；但因缺乏適應性與發育力，結果不免退化。例如比利時有一高原，名曰亞洛德乃(Ardennes 與法國毗連之地)，冬季氣候寒冷，土質鬆淺，荷蘭小

麥 Wilhelmine 品種產量最多，但不能抵抗暴冰雪之侵害；故比國引種此種小麥，終無良好成績。

(乙) 改良土種 各地原有品種，卑劣者固多，優良者亦有，惟因混雜與退化之關係，以致產量與品質低下，若在其中選擇之，淘汰之，亦易得優良之品種。此種選擇之方法名曰選擇育種，又可分下兩大類：

(一) 混合選種法，一名集團選種法，即選取適合吾人標準之植物，而混合繁殖之謂。

(二) 純系選種法，一名單本選種法，又名純系育種法，即依據佐罕森氏 (1) 純系之原理，在個體羣中選取若干個體，隔別種植，以分離純系之謂。

(丙) 創造新種 創育新異品種之方法有二：

(一) 人工交配法即雜交育種法，各個品種之優點，各有不同，例如小麥品種有抗病力強者，有抗寒力強者，有成熟特早者，有產量特豐者，若欲組合二個以上之優性，非利用雜交育種法不可。

(二) 利用突變法即突變育種法，在一普通植物羣中，人為的環境，或天然的環境，經過若干歲月，總有若干突變種，其性狀不類似其祖先，而能遺傳者，育種家即利用此種有益之突變，育成新品種，分別繁殖之。

以上三種改良作物之方法，除甲項簡略論及外，乙丙兩項以下各章分別敘述之。

在施行育種工作之先，須決定目的，例如期求增加產量，抑期求改

註 (1) Johannsen 那威植物學家

良品質?此項方針決定後,方可從事徵集本地原有之土種而觀察之,或輸入客種而試種之;若施行純系選種法,不克達其目的,則進而利用雜交育種法,但在國立或省立農業改良場方面,育種之目的有時不如上述之簡單也。

一、育種方針之決定  
 育種方針之決定,應根據本國之農業政策,及本國之自然環境,而為之。其方針之決定,應根據下列各點:  
 (一) 本國之農業政策  
 (二) 本國之自然環境  
 (三) 本國之經濟狀況  
 (四) 本國之社會狀況  
 (五) 本國之科學水平  
 (六) 本國之技術水平  
 (七) 本國之人才狀況  
 (八) 本國之市場狀況  
 (九) 本國之交通狀況  
 (十) 本國之政治狀況  
 (十一) 本國之法律狀況  
 (十二) 本國之宗教狀況  
 (十三) 本國之文化狀況  
 (十四) 本國之語言狀況  
 (十五) 本國之文字狀況  
 (十六) 本國之度量衡狀況  
 (十七) 本國之貨幣狀況  
 (十八) 本國之稅收狀況  
 (十九) 本國之司法狀況  
 (二十) 本國之行政狀況  
 (二十一) 本國之立法狀況  
 (二十二) 本國之司法狀況  
 (二十三) 本國之行政狀況  
 (二十四) 本國之立法狀況  
 (二十五) 本國之司法狀況  
 (二十六) 本國之行政狀況  
 (二十七) 本國之立法狀況  
 (二十八) 本國之司法狀況  
 (二十九) 本國之行政狀況  
 (三十) 本國之立法狀況  
 (三十一) 本國之司法狀況  
 (三十二) 本國之行政狀況  
 (三十三) 本國之立法狀況  
 (三十四) 本國之司法狀況  
 (三十五) 本國之行政狀況  
 (三十六) 本國之立法狀況  
 (三十七) 本國之司法狀況  
 (三十八) 本國之行政狀況  
 (三十九) 本國之立法狀況  
 (四十) 本國之司法狀況  
 (四十一) 本國之行政狀況  
 (四十二) 本國之立法狀況  
 (四十三) 本國之司法狀況  
 (四十四) 本國之行政狀況  
 (四十五) 本國之立法狀況  
 (四十六) 本國之司法狀況  
 (四十七) 本國之行政狀況  
 (四十八) 本國之立法狀況  
 (四十九) 本國之司法狀況  
 (五十) 本國之行政狀況



## 第二編 選擇育種

### 第一章 混合選種法

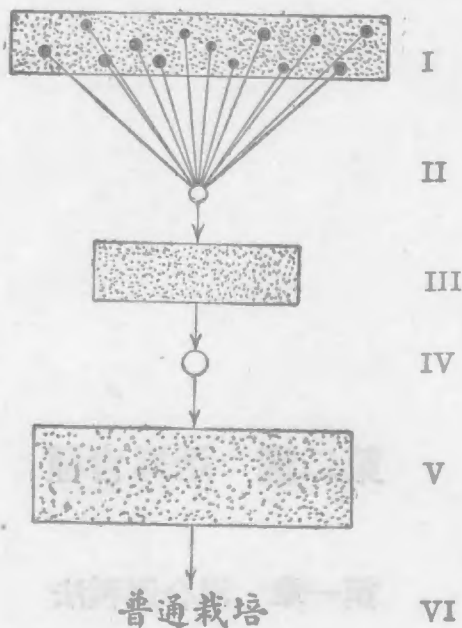
#### 第一節 混合單選法(1)

此種選種法較古而簡單，法在收穫以前，觀察地中有合農人希望之植物即選作選本，(2)連根拔取，運至農場後，再作第二步之考察，除去條件不合者，然後脫粒再除去卑劣之種子，混合保藏之。至播種時妥為單獨種植於一區，隨後年年選擇繁殖，待其種量滿足需要時為止。最宜注意者，每年須慎重選優，除雜，除劣。

---

註 (1) Selection massale unique

(2) Plantes-mères 凡第一年擷取之植物作為育種繁殖用者名曰選本。



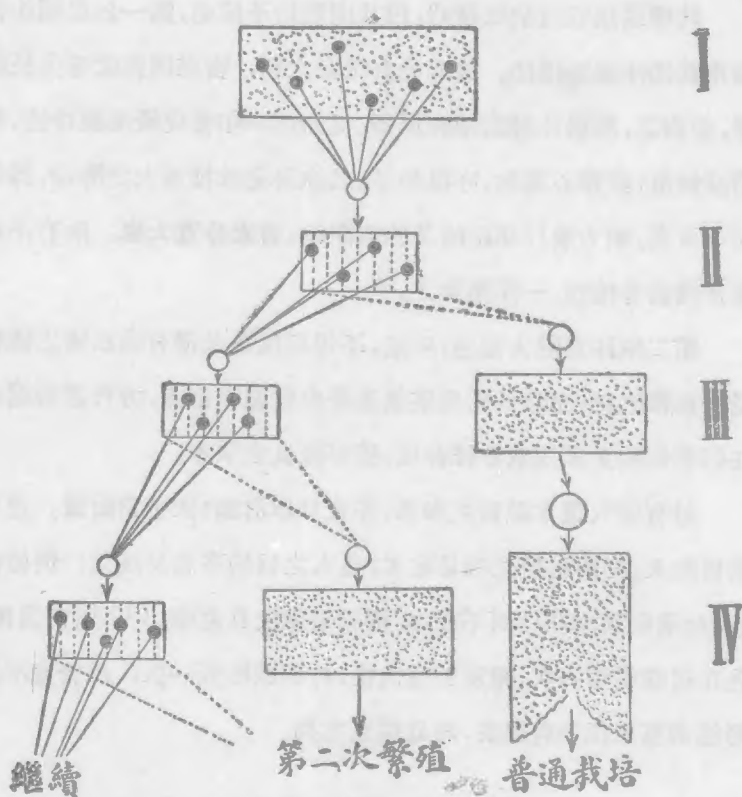
第一圖 混合單選

- I. 在一九二六年收穫時選取 $\alpha$ 株選本
- II.  $\alpha$ 株選本之混合種子
- III. 一九二六年冬播種於一區
- IV. 一九二七年夏收集之種子
- V. 一九二七年冬繁殖於一區
- VI. 一九二八年以後普通栽培

## 第二節 混合複選法

混合複選法<sup>(1)</sup>是欲增加選種之效力，因每年重選一次，數年後，所得之種當較混合單選法純定也。其方法示圖表解釋如下。

註 (1) Selection massale annuelle répétée 每年復選一次。



第二圖 混合複選 從一九二六年後每年有比較觀察

- I. 一九二六年收穫時選取選本若干。
- II. 一九二六年至一九二七年第一年耕種，當一九二七年收穫時選取若干新選本。
- III. 一九二七至一九二八年，右為一九二六年選取之選本第一次繁殖，左為一九二七年收穫時複選之新選本。
- IV. 一九二八至一九二九年 右為一九二六年選取之選本第二次繁殖，中為一九二七年選取之選本第一次繁殖，左為一九二八年選取之選本。

● 每年選取之選本。  
○ 每年繁殖之種子。

此種選法宜行於收穫時，但其困難仍不能免，第一如穀類作物，無論用條播法或撒播法，總難免有疏密之別，密處因彼此受生長競爭影響，貌視之，頗覺比疎處植物茂盛。更如第一年發現優美穫得性，第二年消滅無遺；雖細心選取，亦復如是。若欲避免此種重大之弊端，每年播種切不可密，須力求行間距離及株間距離，皆充分寬大也。所有不規則之生長殘傷等植物，一律擯棄之。

第二須注意除去地邊，畦邊，不規則茂盛及罹有病虫害之植物，惟受有相當肥料，充分日光與空氣並發育狀態平常者，方可選為選本。凡在穀類作物尤須選取分株合度，穗形優良之單本。

另有選取選本數目之多寡，亦宜加以討論；依平常而言，選取選本數目愈大，則所獲得之種量愈多；農人之目的亦愈易達到；但據吾人經驗，如選取選本在精而不在多，則結果愈快且愈確。<sup>(1)</sup>通常選種手續，先在田間選擇一次，搬運至室內後，再個別檢查一次；凡發育不規則或形態與原來種類有異者，均置擯棄之列。

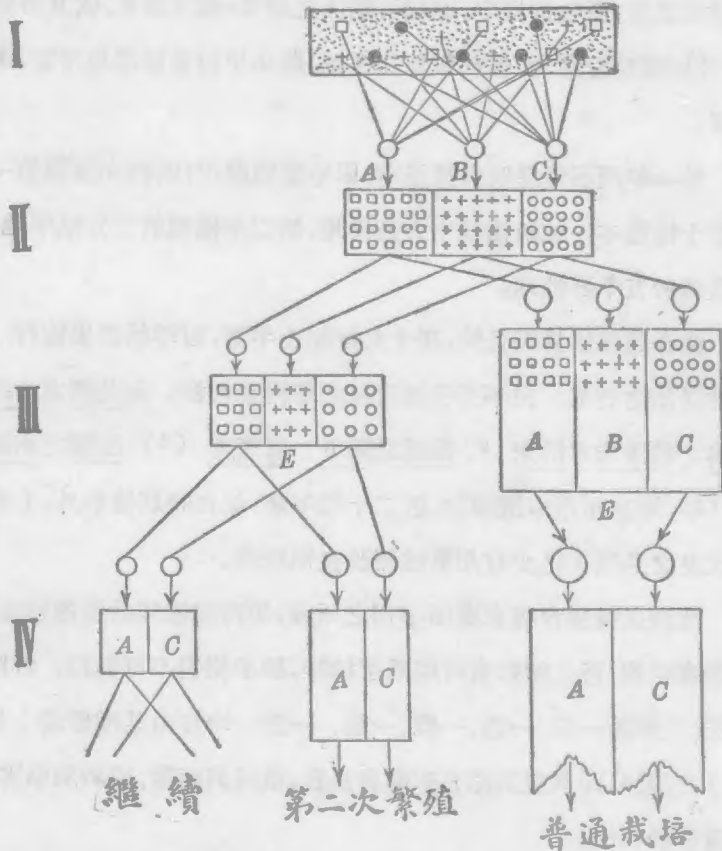
### 第三節 混合形選法<sup>(2)</sup>

此法為混合選種法中之最良者，依作物形狀之不同，分別選取種植，凡混雜之種子均可依法剔除純淨。農人通用之作物種子，無論土種或外來種，多未經過選擇手續，混雜而不純，例如一畦之小麥，吾人若加以檢查，即可見其穗有長者、短者、白色、紫色、淡紫色……等。若欲施行

註 (1) 美國洛夫主張多採取選本，可增加選得優良品種之機會。

(2) Sélection massive avec séparation de formes. 根據形態之不同而分別選擇。





第三圖 混合形選(假設從一九二六年起者)

- I. 一九二六——一九二七年當收穫時在混雜種中，選得三不同之變種。
- II. 一九二七——一九二八年 A.B.C. 三畦種子，是由混雜種中選出者。
- III. 一九二八——一九二八年右為 A.B.C. 三種變種第一次繁殖。  
因 B. 之產量較 A.C. 少故除去之(E.) 左三個小畦是播種去年重新選取之選本當收穫時亦將 B 除去。
- IV. 一九二九——一九三〇年右為 A. 第二年繁殖，收穫時再除去其一，明年即普通栽培。中為一九二八年新選本之第一次繁殖。  
左為一九二九年新選 A.C. 之選本，播種兩小畦。

形選法甚易，至收穫地中，選取有關係之麥株，搬運至家，依其形態之不同，分別脫粒貯藏，而後如數分區播種，將來比較各區產量多寡，而定其去留。

第一年用不着選取多量選本，以免繁殖麻煩；例如小麥種第一年可選取十株選本，疏疏播種十方公尺地，第二年播種於二公畝半地，第三年播種於五十公畝地。

混合選種法易而且快，在十九世紀上半葉，西洋始提倡施行，有時亦得偶然之效果；但不久各國育種家即拋棄此法，如英國之哈來（1）瑞典之曷牙末尼洛宋（2）德國之闌卜，風老苦（3）法國之未洛某蘭（4）等，均改用單本選種法。近二十餘年來，除在特別情形外，（例如在已改良之品種）已少有用斯法而改良植物者。

此種選種法育種家棄而不用之原理，須待敘述純系選種理論時，方得確實明瞭。吾人須知實行純系選種時，種子絕對不可混雜，否則徒勞無益。且無論一株、一種、一根、一葉、一莖、均可由某種環境（如肥料等）之關係，而偶變其原有形態與品質，或特別出羣，或特別卑劣，但不能遺傳於後代。

當選種時，吾人嘗遇有植物第一年被選為上等，至第二年反變成下等，而其中未被選之中等，反變為上等；即用極精巧之方法選取，亦時有如此之現象，故瑞典育種家首先拋棄混合選種法也。

然亦有相反之事實，現今通行之良好小麥種，如瑞典之 Renodlad Squarehead 是由混合選種法改良出者；原英國小麥種 Squarehead

註 (1) Hallet (2) Hjalmer Nilson (3) Von Lochow (4) Vilmorin

初入瑞典時，不甚純一，尤不能抵抗該地寒冷，選種者就此羣中選取生長較齊一、抵抗力較強大之植物，每年淘汰卑劣，繁殖優良，不數年後，仍得發育純一、抵抗力強之新種，其產量亦較土種多，名曰 (Renodlad) Squarehead；此種小麥改良法，起初本為混合選種，其後頗似單本選種；育種場甚易於施行，例如在第一年混合選種後，再用單本選種法，繼續二三年，即可得相當結果。

然則混合選種法究竟有無存在之價值？若就農人方面言，純系選種法尚嫌工作過細，技術過精，手續過繁，不如此法之簡而易行。且農人既不能施行純系選種。乃用此法選取最後雜亂之種苗，亦是有勝於無；況行之適當，間可獲得較純之種乎。

另此種選種法用之於馬鈴薯，嘗得良好之結果，現今歐洲新農場仍有不少行之。

#### 第四節 株選種選粒選

混合選種之方法又有株選、穗選、粒選諸名稱，所謂株選者，乃在田中選擇時，以全株植物之形質為對象，選定後連根拔起，運至考種室，檢驗花序部分之外狀，莖葉之整齊，病虫害之有無及其受害程度，經二次選定後，方可脫粒再行鑑別，然後保藏為第一年之播種，細心培植。此種株選法與單本選種法第一年無甚差異。

穗選法乃以一穗之形質為對象，多行於穀類作物，當收穫時，用剪刀採取良好之穗，二三十年前瑞典曾盛行此法，利用多項選種器，如穗度測定器檢查穗之密度，自動天平檢定穗之重量，種子形狀分別器鑒別

種子之形狀，但現今沿用者已較少。

在普通作物，穗選不能為選種之目標，因僅憑穗之外狀，誠不足判斷遺傳上之品質；有外貌甚善，而體質卑劣，有形質良好而不遺傳；有本代產量多，下代產量少；有本代產量少，而下代反多；他如發株齊一，分蘗多寡，抽穗整齊度等特點，均與穗狀無一定之相關性。且在未改良品種穗上之種實，亦不一致，若用全穗種實混亂播植，下代更不知有若干異狀之穗也。故在純系選種法，尚宜觀察全株植物；而在混合選種法尤宜採取全株植物為單位，以便避免一切變異之差誤。

但在若干特殊情形之下，穗選亦可用作選種之初步；例如在播種過密之植物羣中，不可實行全株選種時；又如在一植物羣中選取特異之種，可於收穫時割取優美之穗分別脫粒保藏，翌年分畦疏疏播種，萬不可混雜，以後每代如是；即可於其中再行株選法，凡不合需要之條件者，盡除去之。此種穗選法與現今純系選種法第一年穗行試驗相似。

第三種選種名曰「粒選法」，即是以種粒為選取之目標而施行選種。若就發芽時言，粒選頗為重要，因種子重大是表示儲藏養料多，發芽時不致有飢荒之慮，他如幼根、幼莖、幼芽，亦均須生長完全。然就遺傳上言，種子之大度與重量，實無絲毫價值。例如某種圓麥小穗，非常疏稀，靠近空間之子實，因受多量食料與日光之關係，特別壯大，若不注意穗之優良與植物全部之善美，而僅憑種粒之大小來選擇，則未有不失敗者。因穀粒之大小，可隨時隨地改變也。

## 第二章 純系選種之原理

此處我們僅就純系改良法之重要原理簡略說明，俟行者不致摸索從事，至各種遺傳學上之理論，只得割愛。因此項學說敘述起來，頗佔篇幅；讀者如欲探討，可參考遺傳學專書。

(一) 遺傳之意義 近來遺傳學說在生物學上及哲學上佔有重要之地位，若詢遺傳意義，即是親之形質必遺傳於其子，換言之，凡祖先原有之形質，無論是物理上的生理上的道德上的或精神上的均可傳授於其後代；故子孫之形質總有多少肖像其祖先，此為生物界普遍之現象。

例如在我們人類，凡物理性質如皮膚與眼之顏色，髮之容顏，鼻與口之形狀，以及他種特異之性質均可遺傳，換言之，可由父母傳授於子女。不僅在人類如此，在動物界在植物界，且無論那種生物界，此種遺傳現象絲毫沒有區別；故此處亦有略述之必要。

(二) 種之意義 生物學家為便利研究動植物起見，乃將其各分類為：綱，門，亞門，科屬等名稱，例如稻、麥、玉蜀黍、均為禾本科植物，因

此數種植物花序相同也。但禾本科植物種類甚多，又分數屬，列如小麥為禾本科之一屬。(1)小麥一屬中又因形態之不同，分為數種，例如普通小麥(2)種實甚易脫落，穗軸不易斷碎，士俾達小麥(3)之特性適與相反，種殼甚難打脫，穗軸頗易斷碎。

原在林奈氏時代，已覺單憑種名而分別植物不夠應用，即如上述士俾達小麥與普通小麥區別，僅為種殼難脫，穗軸易碎之兩點。假設我們再檢查普通小麥，其中不同之形態猶多，如紫色穗白色穗，有芒穗無芒穗，白色種實紫色種實等等。故必須在種之下加添亞種，變種，品種等名稱，方可濟其窮，如有芒小麥，無芒小麥，白穗小麥，紫穗小麥又有有芒白穗小麥，有芒紫穗小麥……均各有特徵，豈可無名！否則名稱混合，種類不分，影響莫大矣。關於作物品種分別之問題，自堯洛當氏發明原種學說，佐罕森氏(4)發明純系學說之後，在植物改良上乃日益重要矣。

(三) 堯洛當氏原種說 將近 1870 年時堯洛當氏發明一精美試驗：(5)他試驗栽培一種十字花科植物名曰 *Draba Verna*，為林奈氏種一種植物，忽於此白色花冠小植物中，發現二百餘種不同之形態；後分別栽植試驗，各個特徵各遺傳於後代；所謂在林奈氏大種中分出許多小種或原種是也。

註 (1) *Triticum* (2) *Triticum Vulgare* (3) *Triticum Spalta*

(4) Johannsen 氏那威植物學家 (5) Jordan A. *Remarques sur le*

*fait de l'existence societé à l'état sauvage des especes vegetales et sur d'autres faits relatifs à la question de l'espece.*

再用上項普通小麥來證明：前已說過普通小麥有紫色穗白色穗，此種不同之顏色，即為小麥分別之根據，因二者穗軸同是堅硬，種實同是無毛，惟穗之顏色一白一紫，可完全傳遞於後代；故白穗小麥與紫穗小麥之區別點，雖不如普通小麥與土卑達小麥之顯著；但亦永久不變，假若沒有突變及天然雜交偶然發生於其中。

但在此白穗普通小麥中又可分別兩個亞小種或變種，因其種殼（總苞）有有芒和無芒兩種，此項特徵與小種特徵相同，可完全遺傳，惟顯著力較弱耳。

再進一步說，在無芒白穗普通小麥中又有兩種不同之性質：一種穗之密度頗小，頂端尖細，橫斷面成扁平矩形；另一種穗之密度甚大，頂梢鈍截，橫斷面成四方形；此項特徵均可遺傳不變，故在變種之內，又可分亞變種。

尤不止此，密穗無芒白穗之普通小麥，又有白色子實，與紫色子實兩種，此項種子顏色，亦為遺傳之重要特徵，所以在亞變種中，又可分二亞變種。

然在實習上，作物之種類，直無止境，如上項亞品種之白色子實，又可別為種子粗短與種子細長兩種，此項特徵比其他更重要。上項所述，僅就物理性質而言，此外如抗旱性、抗寒性、抗病性、抗風性、早熟性、晚熟性等生理性質……亦可據為分類。然則今日育種家不可阻止林奈氏種千零萬細，只得依照佐罕森氏純系方法而施行分別也。

（四）佐罕森氏純系說 佐罕森氏因用普通白菜豆試驗以研究植物之變異，乃發現此種「原種」菜豆種子之直徑大有差異，可別大、中、

小三類，如是分組播種，每組種子重量相等，後檢查其產量，中等種子最多，過大或過小者，收穫甚微。佐罕森氏復在其中選取最重與最小之種子，分別試驗，所得重量比原來混合種重者較多，小者較少。故無論在那一種小麥羣中，若選取最大種子與最重種子播種，則其將來收穫，必比起先之混雜種多也。如是則可證明在一「原種」植物羣中選取優良之純系，繼續試驗，繼續繁殖必可增加其平均產量若干。然則純系之意義若何？

凡由一粒種子，無論經過幾代繁殖曾未混入天然雜交，或人工雜交或突變而來之作物名曰純系，進一步說由同性子<sup>(1)</sup>植物之兩個生殖細胞受精產生之後代，例如自花受精之植物，如小麥、大麥、燕麥、菜豆、豌豆之一花中，雄雌花交合而產生與繁殖者。凡由二個以上之品系或品種混合而成之集團，名曰羣，<sup>(2)</sup>所謂純系育種即於此植物羣中選出。

純系學說為用改良植物科學方法之根本，凡從事育種工作者，尤宜注意焉。然現今選種家，甚至生物學家、農學碩士，尚不能完全明瞭純系之意義，抑是時代之罪耶！

再舉一例說明：在小麥地中採取由一粒種子生長之一株成熟植物，妥為除殼，剔去過小，破碎或受病蟲害之種子，大約可得全善種子二百粒左右，播種於一均勻畦地，而後考察此二百株左右植物之形態，以及一切品質是否與選本相同，如有差異，立剔除之，至繼續繁殖三四年後，

註 (1) Homozygote 一譯同質接合子

(2) Population



雖有千百萬株之植物，如無天然雜交或突變或其他異種，偶然混雜，則所有形態完全一律，並與原來選本亦無絲毫差異。

在此一株選本之系統下，以後選種是無益的，因其中植物雖有發育特別優良或穗長大而密者，均為徬徨變異，絕無遺傳上之價值，若選取分別栽培，仍復還元如初。故在純系植物中選種永不足，改變其質量、無增亦無減也。

(五) 徬徨變異 明白解釋此種變異之唯一方法，舉例說明。例如下：

在一施肥均一發育齊整並無空隙之小麥畦中間，選取五株母本，種粒白，穗白，無芒，莖之高度中等，葉具濃厚綠色。除殼後再選取優秀種實，例如百五十粒，分四組播種：

- 第一組 普通地 即與母本種植之地相同。
- 第二組 畦邊 即與小路空隙之地毗連。
- 第三組 瘠土 即貧瘠之砂質土壤。
- 第四組 普通地 距離闊大，因播種後被鳥鵲啄食僅剩甚少株數。

播種後，各以標籤標明，至成熟時分別收穫，檢查結果，四組共同性如穗白，種粒白，無芒，均與母本無異，惟發育狀況，大有區別：

- 第一組 普通狀態與母本相同。
- 第二組 發株較多，葉色更濃，葉數更多，穗與莖亦較母本高長。
- 第三組 植物矮小，葉色淡薄，穗小而稀。
- 第四組 發育特別茂盛，穗特別長大，節間特別延長。

第二第三兩組差異尙少，第四組差異特大，故有人疑惑此種變化亦可遺傳，然實非也。此處僅舉小麥爲斯種變化之一例，若將其他植物以及所有生物放置不同之環境中，均可表現相似之差異。

然上項變異之尖銳化總爲量的（如穗之多寡，稈之長短，種粒之大小）至質的方面（如芒之有無，穗與種粒之顏色）則鮮有改變；且量的變動，亦非亂無秩序，常有一定規則之可尋，故曰「徬徨變異」。(1)又含有徬徨作用，變易作用之意義。此種變異完全受外界勢力，如日光，空氣等物質影響所致，不能遺傳於其後代。育種家認定斯種小變異一方面無遺傳性，另一方面又不改變其原有形質，乃建立純系育種之基礎。

進一步試驗：假設在前項試驗之小麥中，選取兩株，一株僅有一種，另一株有十五穗，共十六穗，分十六組，分別除殼，同時播種於甚有規則之畦，每穗一行，凡施肥、耕作、日光、空氣以及土質等等莫不相同。至收穫時，檢查十六組各個狀況徬徨變異，雖不能全無，然其差異大不若前試驗之甚也。補充的說，一種一株之後代與十五穗一株之後代，復還元原來相同之程度。即以發株而言，各組株數亦大略相同。因此回試驗地較均一，十六組各個所受之食料、距離、光線等事，莫有顯著之差異。

另於前項試驗第四組中採取新母本，原與第一、二、三、三組同爲一純系母本之後代，不過此次穗數較多、莖節較長、葉脈較大耳。若再播種於普通土地，其發育狀態，未有不與母本同一也。此種情形在小麥固然，在其他植物亦莫不然，即如用塊莖繁殖之馬鈴薯，有時因受特殊環境之影響，塊莖特別肥大，甜菜之根有時因受特殊環境之影響，糖分特別加

註 (1) Variation fluctuante 一名流狀變異

多，若復種植於與前同之境界中，仍可恢復原有之形質。

總之，此種非固定性之變異，乃受環境影響暫時如湖水波紋，但不遺傳於其後代，所謂偶然獲得性（一名習得性），不遺傳是。（1）

（六）獲得性遺傳問題 獲得性之遺傳與否，近數乃十年來生物學界爭論最重要之問題，現今大多數育種家，均否認徬徨變異能遺傳，但還有最少數人抗爭，大約因他們所謂純系種中雜入別系種子之故。至抗爭獲得性能遺傳之重要證據，乃是甜菜根之糖分可以改變；換言之，前含有百分之六、七糖分，由選種方法改良後，現已增加至百分之十六甚至二十。此種變化頗似徬徨變異，可由多年選種結果，變為遺傳者。（2）

嘗有人試種植野蘿蔔或野葫蘿蔔於極肥沃土壤，欲改變其堅硬細根為肥大塊根，為吾人食品。第一年該項植物種子播種於堆肥上，形成之根本較粗大。但至第二代此種加大力忽告停止。若再播種於原來野生土地，仍恢復原狀，根乃堅硬分歧。假若求試驗更準確，在試驗周圍，植栽普通作物，以避免天然雜交，其結果亦如是。法國南錫脫士亞洛力歐洛小姐（3）對此問題亦有精詳研究，結論仍是徬徨變異無益蘿蔔之改良。

1910 與 1925 年間弗里韋洛脫氏（4）曾用自花受精之谷類作物

---

註（1）參看拙著演化論與獲得性 科學第十三卷第十一期。

（2）詳 Levêgue de Vilenorin. L'hérédité chez la betterave cultivée.

（3）Tronard-Riolle, Recherches morphologique et biologique sur les radis cultivés, Nahcy, 1914.

（4）O. Fruwirth, Zur Frage erblicher Beeinflussung durch äussere Verhältnisse, 1925.

試驗，割切證明獲得性是環境之影響，是暫時現象，不遺傳於後代。他的試驗工作，繼續十五年，分爲三組，第一組、兩季小麥分兩小組播種，一組冬播，一組春播，年年如是，第二組冬小麥播種於肥沃土地，第三組土卑路小麥播種於不施肥土地，繼續十四年，年年相同，至第十五年，乃將第二組播於貧瘠土壤，第三組反播於肥沃土壤，十五年後檢查其結果，第一組未有變成真冬小麥，亦未變成春小麥，第二組與第三組前後收穫，亦無特別差異，換言之，各組小麥均未發現可遺傳之獲得性。

弗里章洛脫氏上項試驗，已得精彩，而對此種研究復申述宜注意下四件：

- (1) 供試驗之材料須是自花受精植物，
- (2) 供試驗種子之花當開放時期，須年年隔離，
- (3) 每次採取試驗之種子須在花序相同之部位，
- (4) 試驗之環境，無論物理的，化學的須完全相同。

弗里章洛脫氏復於 1912 年作長久之試驗（從 1912 年至 1925 年）由瑞典選取純系燕麥六種，播種於奧國兩個氣候不同之試驗場，經過十餘年後，彼此差異之點，多在不遺傳發育狀況，至可遺傳性質甚少，即如芒之形狀百分率，種實與穗軸之形狀百分率，亦無若何變異。

然此問題不宜過多敘述，總括言之，有若干試驗場以爲能利用獲得性，改良植物，是因誤認非純種植物爲純種，或又缺乏避免天然雜交之手術所使然也。

(七) 變異曲線 凡植物形質之徬徨變異，總有最多數與最少數，若依此數，劃直角相交之縱橫兩線，縱線示各變員之員數，橫線示各變

員之價，而後再以一線聯絡各縱線之頂端，即得變異曲線。此為測定變異差度之一種方法。研究此種理論名曰生物測定學。(1)

本篇無須申述生物測定學之理論，惟須研究變異曲線如何構造及測定變異價值之主要方法。(2) 試以我們 1924 年種植英國小麥種名曰 Little Joss 作例，先採取 250 株小麥分株度量各莖之長度，結果最短在 95 公分以上，最長在 140 公分以下。再依計度事實，分兩項排列。

長度 } 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140  
 (單位公分)

各組長度之株數 } 1 3 6 26 55 90 53 12 4  
 即變員數

總數  $N = 250$

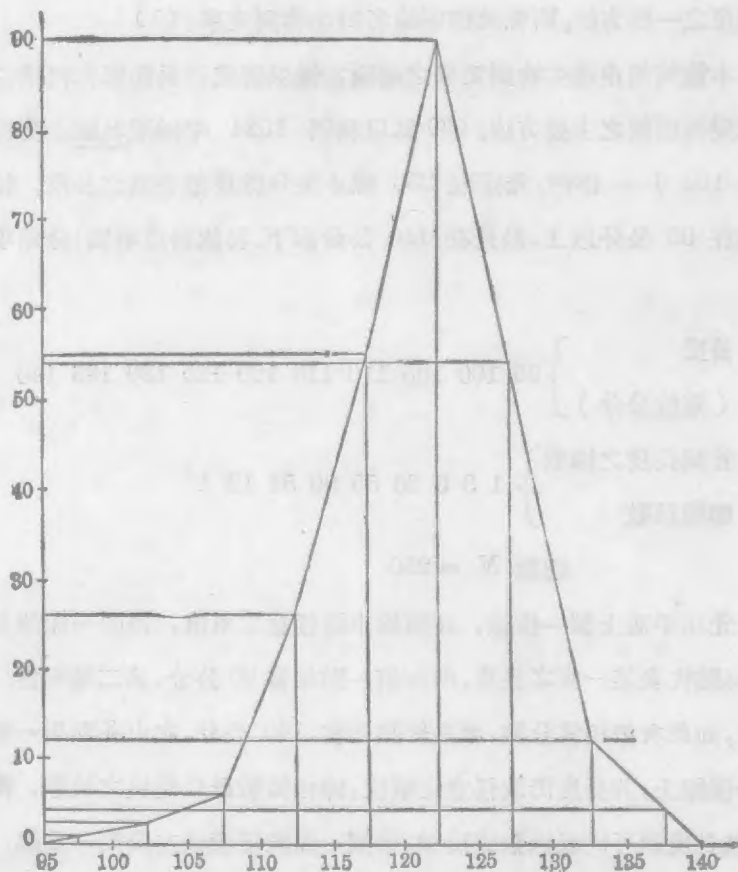
先在平面上劃一橫線，在橫線上設任意之單位，每同一距離劃一點，每點代表某一定之長度，例如第一點相當 95 公分，第二點相當 100 公分，如此次第相當分點，至最終點相當 140 公分。次由各點引一垂直線於橫線上，其長度仍取任意之單位，俾相當於此點變員之員數，換言之，其長度須可代表株數或員數。後劃一曲線從橫線左端第一點起，依各垂直線之頂端至橫線右端最終一點止，乃成此種小麥莖之長度變異曲線。

若分析上項曲線，就可證明該種變異在 95 至 140 公分之間，

註 (1) Biometrie

(2) 詳於 Johannsen, Elemente der exakten

erblichkeitlehre, Iena, Fisher, 1913



第四圖 小麥植株高度之變異曲線

140-95=45 公分=變異差度。(1) 然斯種差度，不可視作確定範圍，因隨變異數之多寡而不同，假如在前試驗中，不只度量 250 株，度量

註 (1) amplitude de la variation

1000 株，則其變異差度必更大，或可發現莖之最短者至 75 公分，最長者至 155 公分。

(八) 四分價 第二種檢定變異差度之方法，是哥爾通氏(1)所發明名曰四分價(2)，此次為便於計算起見變員數採取 1000，分列如下：

長度	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
變員數	4	12	24	104	220	360	212	48	16	
變員總數	4	16	40	144	364	724	936	984	1000	

先計算第一四分一( $Q^1$ )長度 在 1000 變員中，有 144 長達 115 公分，故  $250 (\frac{1}{4} 1000) - 144 = 106$  變員長於 115 公分，短於 120 公分。

假設在 115 公分與 120 公分之間 220 變員，自左向右整齊排列於此 5 公分距離之區域，則第一四分一尚缺 106 變員，其界限為  $\frac{5 \times 106}{220} = 2.41$  公分。

故第一四分一界限即  $Q^1 = 115 + 2.41 = 117.41$  公分。

第二四分一或  $Q^2$  或中央價之算定，即可由上法理推：

在 120 公分長度之下，原有 364 變員，相差全體半數  $500 - 364$  即 136。此 136 個變員排列之區域，為  $\frac{5 \times 136}{364} = 1.889$  公分。

故  $Q^2$  或中央價 =  $120 + 1.889 = 121.89$  公分。

至第三四分一  $Q^3$  可照樣推算 = 125.61 公分。

第一四分一與第三四分一之距離 =  $Q^3 - Q^1 = 125.61 - 117.41 =$

註 (1) Galton

(2) Quartile

8.20 公分。即爲半中央曲線差度，其價值在計查變異性上，比較整個差度準確，因變異機會較少。

哥爾通氏復將上項得數用 2 除之，名曰四分價，

$$\text{四分價} = Q = \frac{Q^3 - Q^1}{2} = \frac{8.2}{2} = +4.10 \text{ 公分。}$$

(九) 標準偏差 第三種檢查變異性之方法名曰標準偏差(1)較前二法尤善，今日科學研究，多用此法。偏差雖可測各變員之變異性之強弱，但不能測變異全體之變異性強弱如何，因有時二者平均價雖同，而變異性強弱有異，有時平均價雖異，而變異性強弱反同。惟標準偏差可以測變異全體之變異強弱，其公式爲平均偏差(2)之平均方總數之方根：

$$x = \pm \sqrt{\frac{\sum PD^2}{n}}$$

$x$  = 標準偏差

$\Sigma$  = 總數

$P$  = 變員

$D$  = 變員( $V$ )平均( $M$ )之偏差 ( $D = V - M$ )

$n$  = 變員總數或試驗數

上項公式中用士加減之符號，因  $x$  變異有時在平均價之左，有時在平均價之右，故有時+，有時-也。

再用前項實驗，演習此公式，在計算  $D$  價之先，須求平均數  $M$  =

註 (1) Devialion standard (法) Standard deviation (英)

(2) écart de la moyenne



$\frac{\Sigma(Vf)}{n}$  此處  $V$  = 每組 (長度) 平均價或真價

$f$  = 變員數 (每組變員數), 故計算式為

$$\frac{(1 \times 97.5) + (3 \times 102.5) + (6 \times 107.5) + \dots + (4 \times 137.5)}{250} = 121.44$$

公分

通常為便利計算起見, 不用上例之  $\circ$  作起點, 乃尋與平均價  $M$  相近之數, 或其價可以代表大多數變員而用之。例如 120—125 公分一組可選用平均 122.5 公分 =  $A$ 。其餘各組與平均價之距離 (相差) 不外士 5, 10, 15, 20 等差度, 至 122.5 本身差度等於  $\circ$ 。茲將各差度之變員總數分列如下:

$A$	偏差 ( $=a$ )	0	5	10	15	20	25
各組變員數 ( $=P$ )	-	55	26	6	3	1	
	+	90	53	12	4		
總數	+	90	-	-	-	-	-
	-	-	2	14	2	3	1

現用差度數乘  $A$  (122.5 公分) 之距離:

$$\begin{aligned}
 & 2 \times (-5) = -10 & 90 \times 0 = 0 \\
 & 14 \times (-10) = -140 \\
 & 2 \times (-15) = -30 \\
 & 3 \times (-20) = -60 \\
 & 1 \times (-25) = -25
 \end{aligned}$$

---


$$\Sigma pa = -265 \text{ 差度}$$

假設  $A$  與平均價  $M$  相等, 則  $M$  之距離 (即偏差) 等於零。此處總差度為 265 則  $A$  之起點左於  $M$ 。然則如何減  $A$ , 方可得實在平均價? 我們可用變員總數除  $-265$ , 或  $-\frac{265}{250} = -1.06$  差度  $= b$

$$M = A - b \text{ 差度} = 122.5 - 1.06 = 121.44 \text{ 公分}$$

假設  $A$  不始於 122.5 公分組, 乃起於前一組 117.5 公分, 則施行計算如下:

$A$  偏差 ( $= a$ )

$p$	{	+	55	90	53	12	4
		-		26	6	3	1

$\Sigma p$	{	+	55	64	47	9	3
		-					

$\Sigma pa$  之計算:

$$55 \times 0 = 0$$

$$64 \times 5 = 320$$

$$47 \times 10 = 470$$

$$9 \times 15 = 135$$

$$3 \times 20 = 60$$

$$\Sigma pa = +985$$

$$b = \frac{\Sigma pa}{n} = + \frac{985}{250} = + 3.94 \text{ 公分}$$

$$M = A + b = 117.5 + 3.94 = 121.44$$

此種計算法, 無論以何點起, 結果總相同。再進而建列下表, 計算標準偏差:

標準偏差:

各組長度 (單位公分)	各組長度平 均值(公分)	各組平均 (M)偏差(D) (公分)	D <sup>2</sup> (偏差自乘)	各組變異數 (=p)	pD <sup>2</sup> (公分)
95-100	97.5	-23.9	571.21	1	571.21
100-105	102.5	-18.9	357.21	3	1071.63
105-110	107.5	-13.9	193.21	6	1159.26
110-115	112.5	- 8.9	79.21	26	2059.40
115-120	117.5	- 3.9	15.21	55	836.55
120-125	122.5	+ 1.1	1.21	90	108.90
125-130	127.5	+ 6.1	37.21	53	1972.13
130-135	132.5	+11.1	123.21	12	1478.52
135-140	137.5	+16.1	259.21	4	1036.94

偏差總平方( $\sum pD^2$ ) 10294.50 變異數(n) 250

$$\text{偏差平均方} = \frac{\sum pD^2}{n} = \frac{10294.5}{250} = 41.178 \text{ 公分}$$

$$\text{標準偏差}(D) = \pm \sqrt{\frac{\sum pD^2}{n}} = \pm \sqrt{41.178} = \pm 6.42$$

上述標準偏差之價值為計算變異最良方法，將來計算比較試驗之或差(1)仍用此法。

標準偏差之或差求法是以總數  $N$  二倍之方根除標準偏差，再以  $\pm 0.6745$  乘之即得。

$$\text{標準偏差或差} = \pm 0.6745 \frac{\text{標準偏差}}{\sqrt{2N}}$$

(十) 變異係數 又有所謂變異係數，(2)用標準偏差乘 100，再用

註 (1) Probable error (英) — Erreur probable (法)

(2) Coefficient de variation (法) Variation coefficient (英)

平均價除之即得。假設變異係數為  $V$

$$V = \frac{100x}{M}$$

$$\text{照上例計算 } V = \frac{100 \times 6.42}{121.44} = 5.29 \text{ 公分}$$

在若干情形中不能用標準偏差時，宜用變異係數測驗；例如比較不同性之個體之差異，即此個體高度以尺計，彼個體重量以斤計。

(十一) 標準曲線 一名常態曲線又名單頂曲線，由有規則變異之變異組成，換言之，變異曲線中有一中心點，即最高點，其個體最多，自中心點向左右兩端，回數逐漸遞減，換言之，個體數次第變少，故各變異之變異，彼此有一定接近之法則。此種曲線在生物形質變異上為最規則之曲線，而與刻特雷氏 (1) 定律，即數學上公算曲線極相似，其公式如下：

$(a+b)^n$  假設係數不大，可如下解釋：

$$(a+b)^1 = a+b$$

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

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

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

等.....

假設  $a = b$   $b = 1$  則得解釋如下

$$(a+b)^1 = 1 + 1$$

$$(a+b)^2 = 1 + 2 + 1$$

註 (1) Quetelet

$$(a+b)^3 = 1 + 3 + 3 + 1$$

$$(a+b)^4 = 1 + 4 + 6 + 4 + 1$$

⋮

$$(a+b)^{10} = 1 + 10 + 45 + 120 + 210 + 252 + 210 + 120 + 45 + 10 + 1$$

如依上項公式，在橫線上分各相等距離之點，引各垂直之直線，高度各與上項數值相通，即可得標準曲線或理想中變異曲線。其中最長之垂直線，即代表變異數最多者名曰頂線，又名曰摩登線，為曲線全部之中心點。故其中央價與平均價相等，式如下：

$$M = Med = M$$

(十二) 二頂及多頂曲線 上所述之標準曲線，在實際上不常見之，因嘗有二頂，三頂及多頂等形式。標準曲線通常可視為純系之表徵，例如分析麥或稻之穗，如所得之曲線為二頂或多頂，則可推測大概不是純系。但不能完全以此為根據也，有時非純種之曲線僅有一頂，而有時純種反呈多頂狀態，故二頂曲線不能確認非純種之表徵。試以二純系菜豆種子之長度，混合劃一曲線，如二者頂線高度，大致相等，彼此差度不甚懸殊則由其長度所組成之曲線仍是有規則之單頂變異曲線。此種曲線，名曰複雜曲線，或曰總和曲線。

另有佐罕森氏 (1) 一個最精明之例，如分析八個純種菜豆，建起八個曲線，其變異差度，各各不同，但若將八個總和起來，仍可得一有規則之單頂曲線。茲將分析之各數表列於下，讀者可自畫曲線，以證明其不誤。

註 (1) Einführung in die experimentelle Vererbungslehre, 1919, Berlin

長度	2.5	97.5	32.5	37.5	42.5	47.5	54.5	57.5	62.5	67.5	72.5	77.5	82.5	87.5
A 組	-	-	-	2	5	9	14	21	22	24	28	17	6	2
B	-	1	6	19	32	66	88	100	90	50	19	1	3	-
C	-	-	-	3	14	50	76	58	44	29	5	1	-	-
D	-	5	2	9	21	38	68	77	62	22	3	-	-	-
E	-	4	1	12	29	62	65	57	19	6	-	-	-	-
F	-	2	8	21	46	74	46	28	14	1	1	-	-	-
G	3	9	28	51	111	174	101	44	5	-	1	5	-	-
H	1	6	20	60	106	114	75	33	3	-	-	-	-	-
總和	4	27	65	179	364	587	553	413	259	132	52	24	9	2

在一純種中，若將與曲線頂有關係某一點，特別延長，則原有之單頂曲線變為多頂曲線；反之與曲線頂有關係某一點，忽然減少，亦可得多頂曲線。

關於生物測定學之敘述，此處暫行告止，將來到比較試驗節再補述之；至欲研究田間統計學之原理，讀者可參看後節參考書。

### 第三章 純系選種之方法

上已述及改良作物須選取純種，如何測定徬徨變異，現在再述改良方法如何使用。由一純種選本繁殖之植物，無論年代多寡，其形態與品質總與原來之選本無異，至天然雜交，偶然突變，無意混雜，以致發現紛亂現象者是例外。所以在一純種中，徬徨變異差度雖有大小，但總不遺傳，換言之，原有之良好品質或缺點，是永不增加，亦不減少。

然則改良作物之根本方法為何？

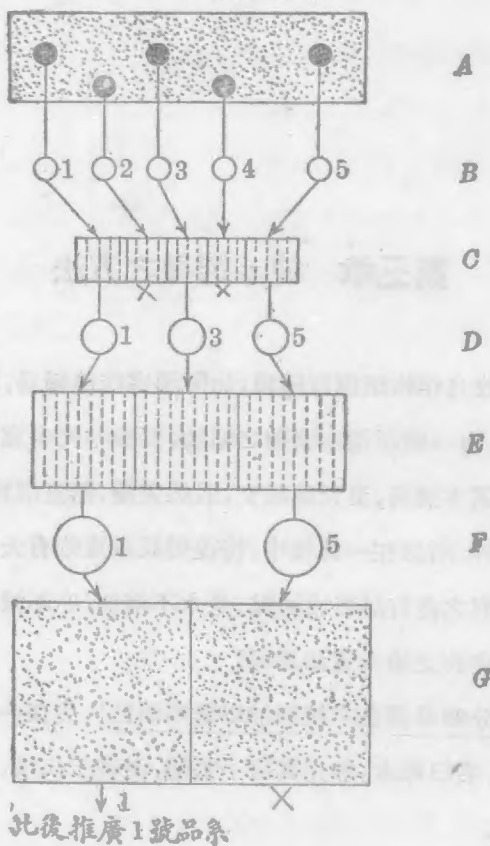
總言之，分離最善良之純種加以繁殖而已！先在一羣植物中選取純種單株植物，名曰母本，即用其種子繁殖，至若干代後，種子量滿足吾人需要時方止。

作物原有自花受精與異花受精二種，前者如稻、麥及大豆等，後者如玉蜀黍、蕎麥等，二者傳粉情形既異，而選種方法亦大不同。

#### 第一節 自花受精作物之純系選種法

##### (甲) 單式選種法

此即普通單本選種法，手續較繁，茲就理論上分述之：（看下圖表）



第五圖 純系單選

- A. 在一羣植物選取五個選本
- B. 由上年五選本分為五組
- C. 第一代繁殖之種子分五組點播，一切管理相同，至收穫時檢查質量卑下者，記以×號撲棄之。
- D. 被選之三組
- E. 第二代繁殖之種子，用條播去距離各相等，至收穫時再選除不良者。
- F. 被選之二組
- G. 第三代繁殖之種子，條播或撒播，即可永作繁殖之用，如此選種手續告竣。



第一年工作 先任意擇定一羣作物（例如小麥），至成熟時或收穫時，選取數株植物以爲選本。凡靠近畦邊或空隙或肥料堆積處之植物，均擯棄於選本之外，須在普通之畦間，細心選取發育平常，抽穗適中者，搬至選種室後，再加以選擇及分析。

若供給選種之材料，不是本地植物，而來自外方者，可先行單粒播種法，以一穗爲一行，每株距離特別闊大，每行豎立標籤，記以號數，至收穫時，再選取選本。

第一年播種，各粒距離極宜相等，不可少有參差，由一粒繁殖爲一行（第二年）由一行繁殖爲一畦（第三年）如此一畦爲一純系，歐洲一般商辦之育種場，多用此法。

此項試驗觀察最宜精詳，如各畦植物自出苗至收穫之發育狀況，抗寒力、抗旱力、抗病力、抗倒力、早熟性以及特別形態等均宜仔細記載。至收穫時尤須一畦一畦，一行一行，分別清楚。以免種粒或穗互相混雜，有失落純系價值之慮。其後考種或分析之目的，通常以產量爲最重要。

攷種後，比較其結果，善者留之，惡者除之。

第二年工作 播種之距離仍須相等，與第一年同，但畦之面積較大，凡被選取之種子每系一畦，彼此耕作方法，須完全同一。

觀察生育狀態

收穫

考種

由攷種所得結果，比較優劣，以定去留。

第三年工作 條播於第一繁殖區

觀察

收穫

考種

選別

第四年及以後之工作 播種於第二第三……繁殖區至種子量滿足吾人需要時方止，繼續擴乘之品系雖逐漸增多，但選留之二、三品系，經數次繁殖後，種子量亦已不少矣。

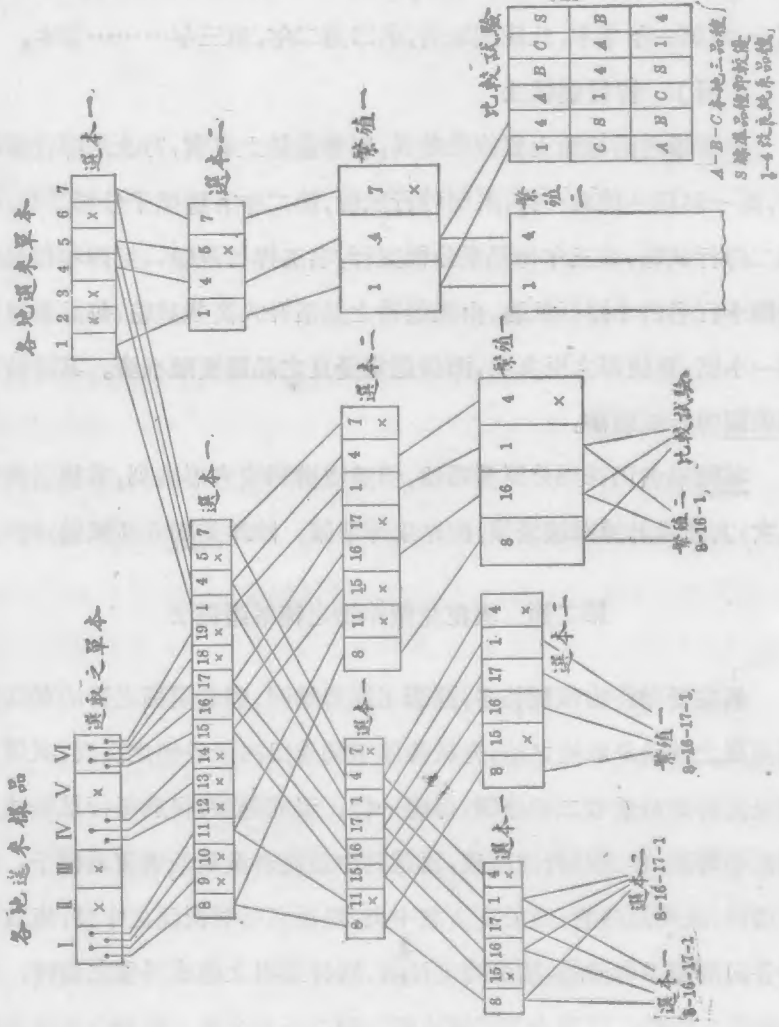
此項選種方法，在理論上，一觀上列圖表，即可瞭然無遺，然在實習上，多不如此簡單，第二年後常需要一年或數年比較試驗，精確考查後，方可繁殖推廣。

#### (乙) 複式選種法(1)

此法與上法相異之點，在每年重複選取單本為新選本或第二年選本，以便繁殖後再作比較試驗。斯項重複目的，在選取永久不變之純種及避免天然雜交突變或無意混雜。

下圖所說明之選種方法，並未含有新試驗新學理之意義。惟在較長久時間中，觀察究竟有無天然雜交突變及偶然屬雜異種事發生，如無發生，在此純系中雖有穗較長、粒種較大之個體，總為徬徨變異，而無遺傳性者。且其平均價仍與前代相等，所謂純種永遠不變是也。因此選取選本以發育平常者為上，切不可因一時外觀華麗而忘卻該種之本來面目，妄加疑慮。

註 (1) Methode par séparation de lignées pures, avec choix, périodiquement répété, de nouvelle élites.



凡第一年選取之植物或種子名曰選本，(1)至播種後，乃名曰選本第一，或第一年選本，此後選取者，名曰第二年，第三年……選本。

### (丙) 桿行選種法

美國學者因試驗土質彼此差異，影響產量之真實，乃改用桿行播種法，第一年以一穗為一行，名曰穗行試驗，第二年各種種子分種二行，名曰二桿行試驗，第三年每品系分種五行，名五桿行試驗，第四年每品系分種十行名曰十桿行試驗，由此選得之品系升入高級試驗，每品系連種為一小區，重複四次至九次，而後選定優良之品種繁殖推廣。其詳情參閱美國桿行試驗法。

英國學者仍採用分區播種法，但隨機排列或方形排列，重複三次至九次，其產量計算雖較繁複，但結果殊準確。餘詳英國分區試驗法節。

## 第二節 異花受精作物之純系選種法

異花受精作物種類甚多，茲舉玉蜀黍為例。假設選種之目的在欲得最高度之穗或最低度之穗，先於普通玉蜀黍田內量各種之高度，次選取其最高者與最低者二種分種，每穗一行，至成熟時，復於每行量數株以求其平均數，作為每行之高度，再選其中最高者及最低者留為種子，分行播種，並將最高者，種於高區之中央，最低者種於低區之中央，使其花粉各向周圍平均傳播。播種時宜注意者，同行選出之穗或同穗之種粒，須隔相當之距離，以防止其同穗或同株間之近親交配，而減少生長之勢力，故須每間數行，再種一行。例如第一穗種植於第一行及第二十六行，

註 (1) élites 乃被選植物之名稱也。

第二穗種植於第二行及第二十七行，如是，次第播種，第二十五穗則播種第二十五行及第五十行矣。至穗株尚未吐出以前，即隔行摘去雄花，避免雜交。此後每年繼續選擇，繼續繁殖。

美國衣力腦亞試驗場<sup>(1)</sup>曾用單本選種法改良玉蜀黍，十餘年所得之結果，高者愈高，低者愈低，如下表：

年 數	高 穗	低 穗	差 數
1903	56.4	42.8	13.6
1904	53.	38.3	14.7
1905	63.3	41.6	21.7
1906	56.6	25.2	31.2
1907	72.4	33.2	39.0
1908	57.3	23.1	34.2
1909	64.3	25.3	39.0
1910	69.0	27.0	42.0
1911	53.1	25.0	28.2
1912	77.8	15.8	62.0
1913	54.5	15.8	38.7
1914	62.6	17.9	44.7
1915	98.2	23.4	74.8
1916	84.8	23.1	61.7
1917	76.3	19.1	57.2
1918	91.9	16.3	75.6
1919	83.7	15.0	68.7

由此觀之，玉蜀黍由純系選擇法，可以改變其植株之高度矣。然據

註 (1) Illinois

美國力舍月<sup>(1)</sup>氏意見，改良玉蜀黍利用純系選擇法，尚不及混合選擇法經濟便利，蓋純系育種手續甚繁，所得是否能償所失，殊為疑問。又據色米脫<sup>(2)</sup>氏與白良宋<sup>(3)</sup>氏多年比較試驗之結果，例示如下：

種 類	產量增加數
純系選種與未選種比	第一年 5.80
	第十五年 15.17
純系選種與混合選種比	第一年 1.27
	第十五年 1.42

由此證明，純系選種較混合選種之產量，其差異並不顯著。

混合選種法，第一年將由田間選取之種子，混合分行播種於一小區，名曰種子區，與普通栽培之玉蜀黍隔離，至玉蜀黍穗林將出之前，各穗行去頂，以免其自交，成熟後，再行選種，以作來年種子區之用。混合選種法，在科學上雖無理論根據，但不須要高深技術，農民甚易仿行也。

總之，玉蜀黍之改良，純系育種與雜交育種均無關重要，惟利用第一代雜種法，收效較大。最後吾人宜知者，異花受精植物在天然環境中實無純系之可言，必須用人工自交法，方可獲得純系。

註 (1) Richey (2) Smith (3) Brunson

## 第四章 純系選種之實施

### 第一節 育種園之設置

**何謂育種園？** 通常試驗場爲便於管理起見，在育種室附近闢一較小園場耕種第一代第二代雜交種及第一年第二年選本而後再移種於較大區域之田地，但有範圍廣大之園場時，亦可用爲第一、二代繁殖及比較試驗。

**園地之選擇** 園地之根本條件，是土壤物理組織與化學組織，須完全一致，並與當地大部分土質相同，心土有滲透性，土地不宜過肥，亦不宜過瘠，尤須避免洪水或亢旱之患。假使吾人決定將某一塊地闢爲育種園，前一年須施行有規則的純一耕作，令其普遍化。

**固定園與流動園** 固定園是年年在一塊地域建設試驗區，流動園是每年更換地域建設試驗區，兩者各有得失，略分述之。

固定園地可於試驗室或育種場附近建設，其利益有二，一、園地既爲固定的，則每日來往觀察，尤其是當春夏雨季，一日往來數次之時間大可減省；二、園地在居室附近管理自易周到，園中設備亦易籌辦，經費

又可搏節。

但亦有相當之缺點：第一爲預防家畜侵害及人們無意或有意之踐踏，必須周圍建一牆垣或鐵網，此種費用亦不在小。第二在居室附近，如麻雀等害鳥鼠類害獸，稍不注意，可將數年工作，廢於一旦，至將收穫時，尤宜特別防禦。

防備園中受害之最良方法，周圍護以鐵絲網，中用木柱或鐵桿支持，上用粗鐵絲搭架，覆以麻線網，上下周圍完全封閉，使害鳥不能入內侵害，而日光空氣，仍照射流通故也。鐵絲網高約一公尺，孔徑二公分，阻止一切害獸之衝入。若遇園中植物價值過大，可僱一誠實兒童，專任照料，尤爲妥善。

流動園地之利益，適與固定園地相反，如每年搬運費每年建設費，往來觀察之時間，均有格外之損失。至在平野之地，附近無屋宇，無圍牆，無藩籬，無灌木，則鳥獸之害當然減少，偶然災殃之發生亦較鮮。



第七圖 園內保護之建設



通常公立試驗場，因每年預算限制，不能為所欲為，多設立固定園地。而私立育種場不受官廳之約束，可斟酌地理與人事，選用流動園地，亦無不可。

**面積** 園地面積之大小隨育種範圍之廣狹與願否將繁殖區、比較試驗區置於其中：例如欲改良一二種谷類作物及一種根用作物，且園地僅限用於第一第二兩年選本，有 30 至 50 公畝則夠供用。繁殖區與比較試驗區可選用園地毗連之地。又例如比國襄白綠（1）地方之國立植物改良場，園地共有七公頃半，其中有圍圈者佔四公頃半，內耕種第一第二兩代選本，第一第二兩代雜交種，甚少用為第三代雜交種；他如比較試驗及小小繁殖小麥、大麥、燕麥、亦嘗置於園地圍圈以內。

**施肥** 園地之施肥，有說施肥量宜少，有說宜與普通耕作相等，但據著者意見，可求折衷辦法，但氮質肥料萬不可過多，以免後代作物有不規則發育。施肥量究宜若干可參考肥料專書，再斟酌作物種類，土壤肥瘠，地方氣候及前作物等等事項而用之。

但無論在何種情形下，各個植物所得食料極宜均勻，不可稍有差異，使彼此試驗得以比較，徬徨變異得有常規，而遺傳價亦易明白鑑定。

**防除病害** 1. 防除家畜及鳥類之侵害，如上法建設圍圈即可，至鼠類昆蟲之防除可用普通驅滅之方法。

2. 各種病菌之防除正為選種中重要目的之一種，第二第三數代，細心觀察各組植物對於各病之抵抗力，如不施用防禦各種藥品，尤易檢查，但宜預防危險病害發生，致有滅種之虞。

註 (1) Gembloux

8. 倒伏病<sup>(1)</sup>在穀類作物上為害不小，亦宜選取抵抗力強大者。在園地內通常用木桿插豎排列於各畦邊，橫貫鐵絲或繩索，以支持繁盛之莖穗，避免伏倒於道路之旁。

## 第二節 育種園中工作<sup>(2)</sup>

### 第一項 分區

分畦為育種園中之首次工作，須根據輪栽之原理及品系之多寡，各種需要面積之廣狹，詳細計劃而區分之。各畦各區之劃分方法，首先劃出十字幹道次依此兩方幹道，分各支路，以劃區畦，或為標本區，或為雜交區，或為選本區，或為繁殖區，各依需要之面積，再分畦（圖八與九）分畦之路徑通常以半公尺至一公尺闊為宜，過狹則兩邊選本植物之種子，難免有混雜之虞。

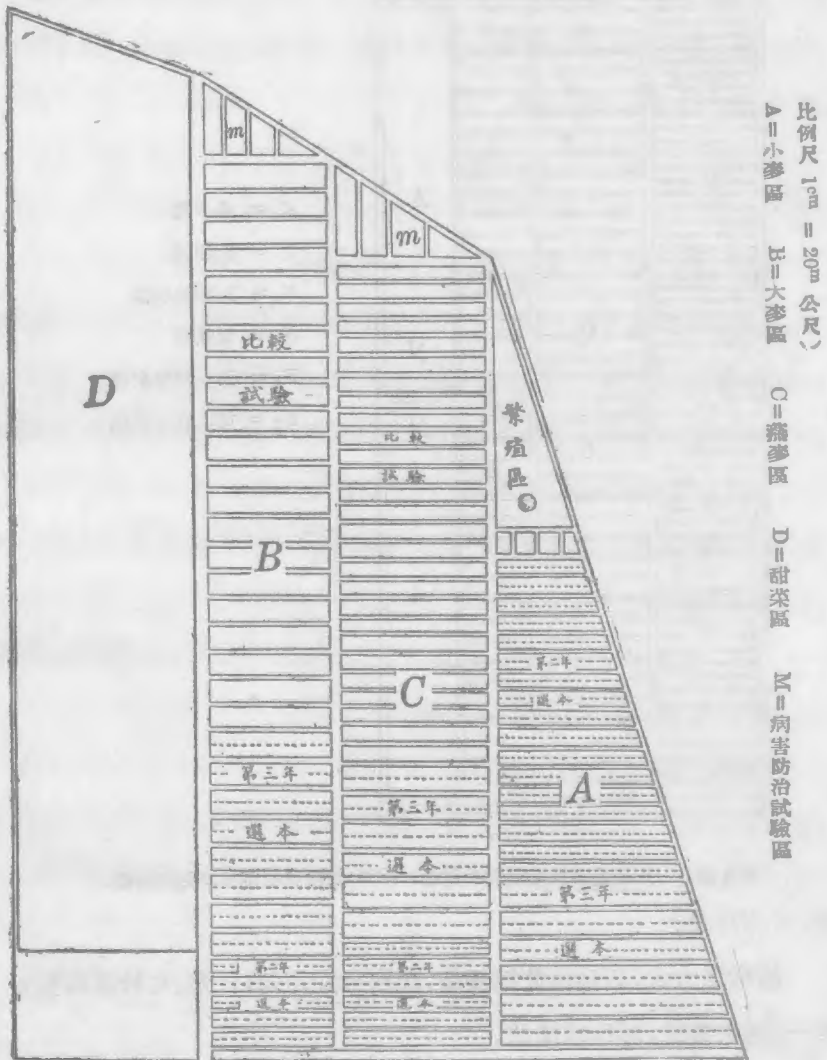
浙江省稻麥改良場水稻試驗田之區劃，均以桿行試驗為標準，每區闊 54 英尺，面積約二畝五分左右。

園內土地之整理可分選本區與繁殖區兩種，前者尤須平細，因前者常用單粒播種法，或移栽法，故土壤愈平細愈有利益。但亦不可求之太過，否則當冬季嚴寒時，幼嫩植物失了附近土塊之保障，有凍害之虞。

### 第二項 播種

(一) 第一年播種法 由外鄉選來之種子，或由農人送來之樣本，須播於一畦，畦之大小當依種量之多寡及其價值而定，通常可用三公

註 (1) \ eree (2) 此項僅就自花受精之穀類如小麥、大麥、燕麥、而言，至他種作物可參考下卷。



第八圖 比國裏白特之植物改良場 1928 年時育種圃第一分區之圖樣



第九圖 比國夏白綠之植物改良場，1928年時育種圖第二分區圖樣。

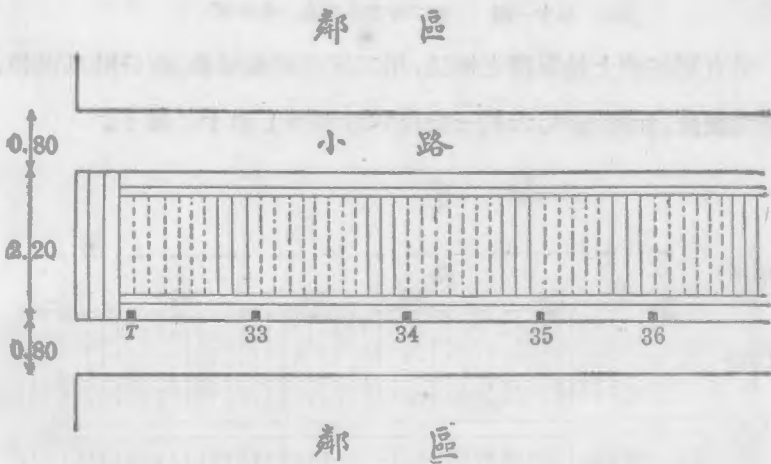
長，三公尺闊。

播種之方式，以稀薄條播爲是，疏密最宜均勻，日光、食料亦須整齊均一，遇必要時，可行移植法。

(二) 第二年播種法 由選取選本收得之種子，所播種之地名曰選本區，播種之距離宜各各相等，距離之大小，選種場各不相同，例如小

麥有用株距 15 公分，行距 20 公分，有用株距 10 公分，行距 20 公分，甚有用株距 5 公分，行距 15 公分。但吾人宜知如距離過大，可發生抽株過多，成熟不齊等弊，反之，距離過小，則管理困難，日光空氣不易流通，發育不良。

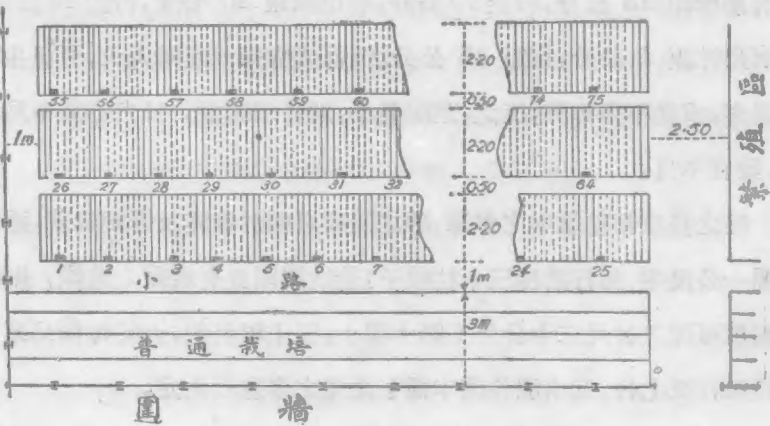
畦之長度常隨選本之多寡，畦之闊度以便於觀察及管理為善。通常畦闊一公尺半，每行播種三十粒種子；若欲周圍留有規定之邊緣，則畦之闊度可達二公尺二十公分（第十圖）。照上項計劃，大約每個品系可播種四行至七行，然須視各選本種子產量之多寡而決定。



第十圖 第二年選本區一區之平面

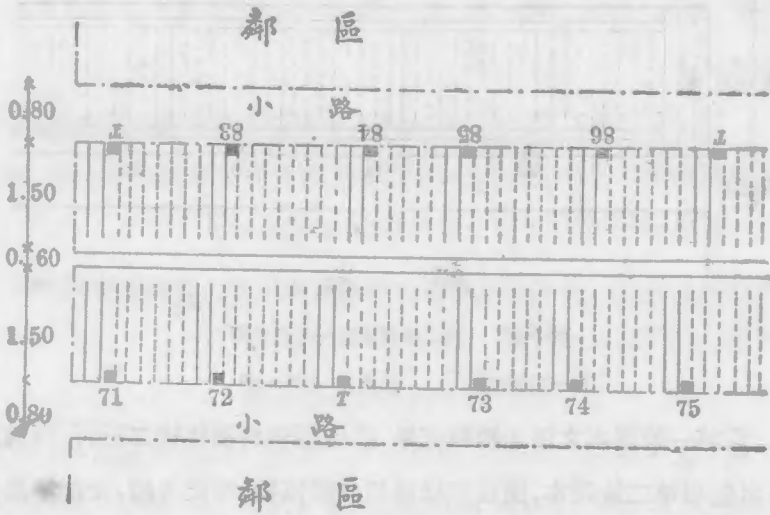
T = 對照區 比例尺 1<sup>cm</sup> = 1<sup>m</sup>

當第一號選本之種子播種完畢，隨後播種別種作物二三行，以為間隔；再繼以第二號選本，隨後照樣播種間隔植物，彼此連續，至種子播完而止，故有若干行選本，即有若干行間隔植物（第十一圖）。



第十一圖 第二年選木區之一角平面

另有更經濟土地面積之辦法，用二三行別項植物，直分畦為兩帶，兩帶之闊度，如無邊界，大約三公公尺六寸即可（第十二圖）。



第十二圖 第二年選木區雙帶形平面 T=對照區

最後宜注意者，當播種時或移植時，不可有絲毫錯誤，幼植物一株不可亂植，種子一粒不可遺棄。且播種時須隨帶日記簿，記錄年、月、日、品系名稱，號數及其他有關係之事項。

每個選本第一行前面插一標牌，記明號數或種名，標牌之材料宜用堅硬不易腐爛之木，上面之字宜可抵抗雨露之侵洗。通常用松木或杉木製造，漆以黑底，嵌以白字，插入土之尖端，塗柏油或桐油，以免易被濕氣之侵蝕。

地邊之處理 前已說及地邊植物所受之日光、空氣及食料較多，發育特良，不宜用為觀察或比較試驗，因此特殊現象既不遺傳，又可混亂同樣選本，育種家為免除此種錯誤，分有下兩種辦法：

1. 無論標本區或選本區或比較試驗區，畦邊三行植物收穫時另行擱置，不列入試驗比較之類，至一切研究手續完畢後，再混合為第二代繁殖種子。

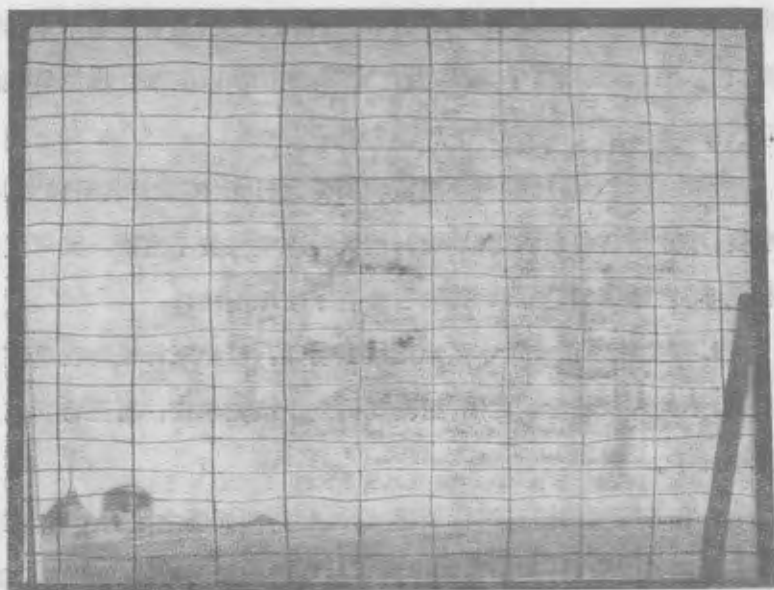
2. 在各畦邊種植三四行別種植物，如能種異屬之植物尤善，因易避免天然雜交之危險，例如歐洲中部各試驗場如試驗植物為小麥，則畦邊種植大麥，如試驗植物為大麥，則畦邊種植小麥。

種植之器具 為求播種迅速及距離相等起見，育種家曾創造各種種植器，可分兩大類：

#### 第一類 利用栽培器播種

現今德國通用之播種器，由四根椽子構成一木框，中穿鐵絲，直徑 3 公厘，縱橫交錯，形成長方形，孔口 75 公厘 × 20 公分，四角具有鐵釘，以便固定於土上。法國播種器普通與德國同，但較重，四角無釘。

(第十三圖)。用時先將木框放於畦上，與路並行，次以栽種器依照鐵絲交叉點穿鑿土壤，投入種子，當第一排種子播完，隨自後退，如法行之，至完畢時，用手提取器具向後退行幾步，妥為放下，如是，開始播種，週而復始。但移置木框時，須注意與前線完全銜接。



第十二圖 第二年播種框（自 1926 年以後橫線已取消）

（圖中兩根支柱非板上原有者）

至一畦或一選本播種完畢，用鉅齒鐵耙輕輕蓋以土壤，但不可毀滅其行線。

播種框之闊度通常以行之長度為標準，如第一年選本以三十粒種子為一行，則有三十條直線，每行距三公分聯合第一行與末行行距較大，（易於埋藏種子）框內闊度約為一公尺五五公分。框之長度以便於使用為標準，因過長則過重，過短則工作麻煩，通常框之內長約四公尺



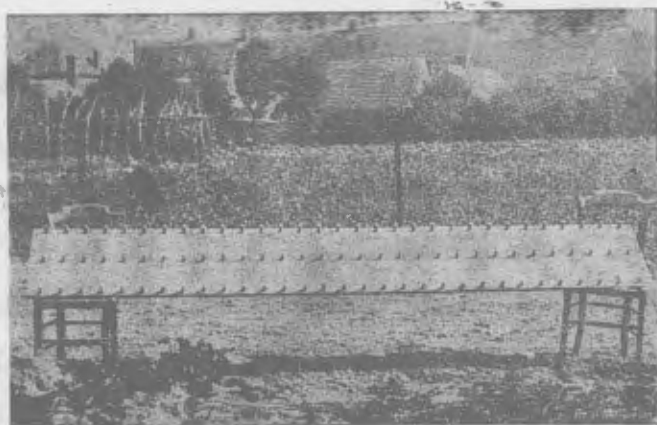
十公分。

瑞典播種板，由數塊木板製就，呈長方形，上鑿數排窟窿，行距十公分或十五公分或二十公分，株距五公分或七公分半。當播種時，將板平放畦上，一人於每窟窿投一粒種子，另一人隨後用栽種器掩覆之。

第二類 不須另用栽種器播種，因播種板之一面，具有各行之木製尖端圓筒，彼此距離相等，當板放於地面，人登其上，即有重大壓力使各尖端圓筒穿鑿土內，同時土壤亦被壓逼，乃由板上窟窿將種子粒粒投入，種子即由筒端下入土中。投畢後，再提移播種板，用耙蓋土（第十四圖及十五圖）。



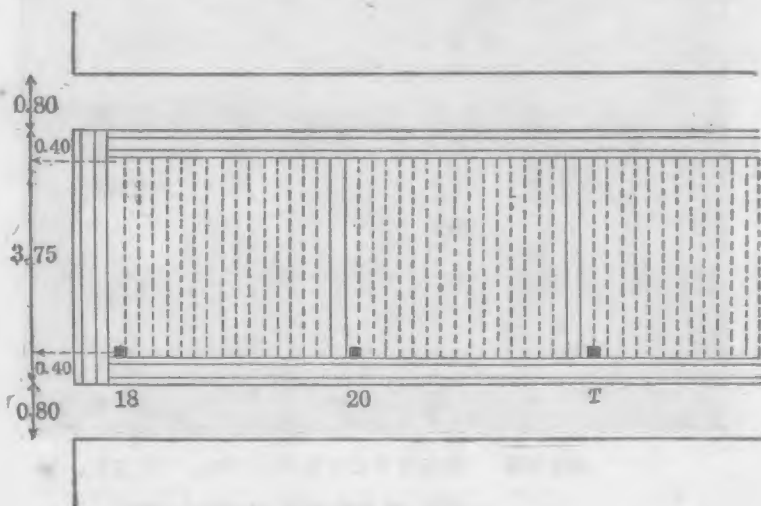
第十四圖 播種框 2 公尺長 45 公分闊，三行尖圓筒，行距 20 公分，株距 10 公分（自作）。



第十五圖 現今比國裏白林育種場之播種法

四人在框上播種，一人用手把蓋伏，播種深度 3.4 公分距離 20 公分。

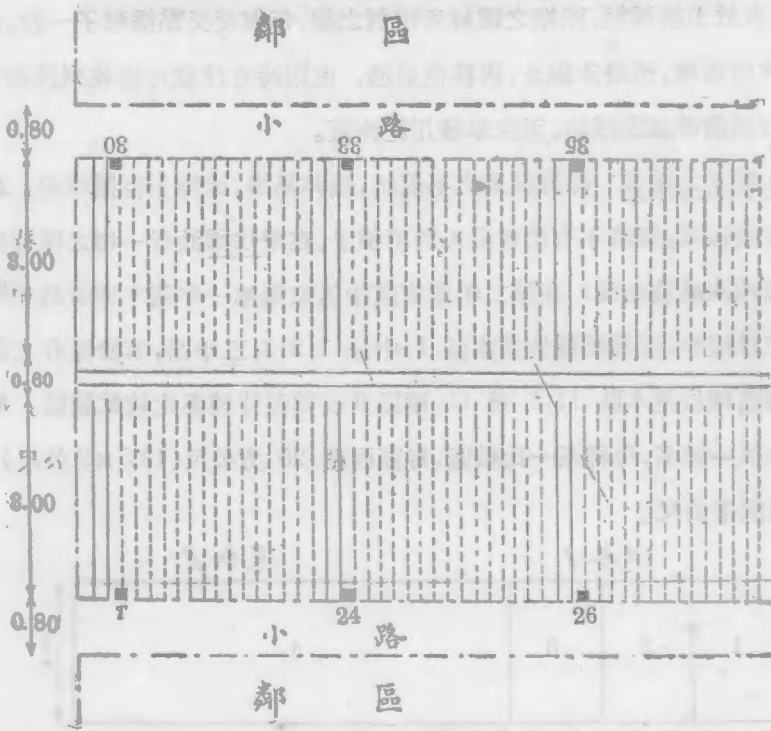
(三) 第三年播種法 第三年種子較第二年多，播種之區域較大，播種之距離相等，播種法已可用條播，或用手或用單行條播器。但為慎



第十六圖 第三年選木區之平面。並標明邊界及分區。T=對照區

重與精密起見，第三年播種仍與第二年同，品系之觀察，收穫時之分析，均宜詳加注意。

比國育種場第三年選本之播種，畦可分以下兩種：第一種、行距 20 公分株距 5 公分，已與普通耕作相近；畦之闊度 3 公尺，若連兩方邊界計算，則為 3 公尺 75（如十六圖）每行種子 60 粒。第二種、一畦直分兩帶，其闊度如連邊界計算為 7 公尺 3，如無邊界為 6 公尺 6（如十七圖）。



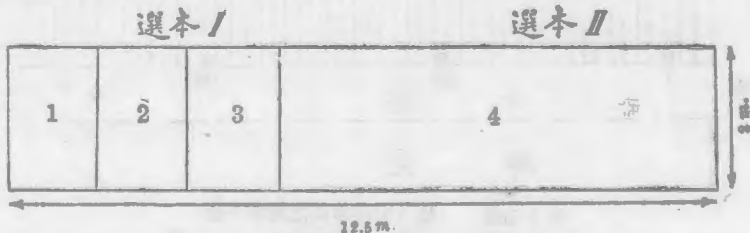
第十七圖 第三年選本區之雙畦平面  
無邊界 T = 對照區或標準區

另有兩種最注意之事項：(一)在每個品系播種後，必夾以二、三行別種植物，既可預防彼此之混雜，又無礙於觀察比較。(二)各個品系播種之行數及粒數須相等，例如 15 行，900 粒種子。

**器具** 第三年播種所用之器具與第一年稍有改變；通常用者為一木框，由四根木板構成長方形，闊 3 公尺 1，長 5 公尺 25，中橫排佈鐵絲 60 根，彼此距離 5 公分。

在施行播種以前，先用拖把依畦之闊度，平行劃成 20 公分距離之線，次放上播種框，照框之鐵絲與耙劃之線，每個交叉點播種子一粒。如此次第播種，至最末線止，再移框前進，但同時宜注意行線並列及每二三行須播種間隔植物。至完畢後用耙掩蓋。

**純系之保持** 保持純系之不混雜，頗非易事，因種子自播種起，以至收穫保藏，無時不有機會混入別項種子。茲舉法國通行一種之保持純種繁殖法略敘如後：在第二年選本區中選取與第一年選本性質最相同者三株植物，以為播種於選本區 I，中分 1, 2, 3, 三小區，其餘原存之選本則播種於選本區 II, I 與 II 兩區共成為保持純系比較試驗區。每試驗區一純系，每純系一比較區，每區面積 25 方公尺(12.5×2 公尺)，路徑闊半公尺。



第十八圖 法國保持純系比較試驗法(自作)

至收穫時，在每純系選本區之三小區中，再選取與選本性質最雷同比較優良之植物三十株，詳加考察於試驗室，再抽選最善者三株以爲明年第二選本區 I 設區，亦分 1, 2, 3, 三小區，餘在選本區中收得之種子種於選本區 II，仍成一保持純系比較試驗區。如此繼續數年比較試驗，檢其優良種子繁殖。

(四) 第四年比較試驗播種法 比較試驗常延長二年或三年，其關係甚關重要，故另節述之。

(五) 第 $x$ 年繁殖法 由比較試驗所得之當選種子，即可用作繁殖。繁殖法可分兩種，一爲公立試驗場，可分發至各地方農場舉行地方試驗，一爲私立試驗場，可散發各地農戶先行試種，試種如結果良好，而後可進行推廣。普通第一年繁殖種子一畝，例如小麥，第二年可供十畝至二十五畝推廣。水稻第二年可供八十畝至百五十畝推廣。

### 第三項 生長期間之觀察

自芽出土後，即須開始選種上之重要工作；植物之外形上性質生理上性質均宜——觀察周到，自始至終，不可須臾疏忽，因第一年選種爲改良植物之起點，尤須特別注意。且體內之觀察有時比外形之觀察更重要，換言之，化學分析亦爲現今選種不可少之手術。茲將各品系通常必須考察之要點略分述於后。

1:° 出苗日期 分最先出苗，普通出苗，及全體出苗三種。

2:° 出苗鑑定 擇定一日期，至遲須在第一次結冰前用百分率計算出苗之狀況分最優等，優等，中等，下等，最下等五種。

3:° 發株日期 發株日期與播種日期及早熟性攸關，似無詳細

鑑定之必要，但如將發株之形式，例如一種小麥，有幼莖久臥地面者，有後生莖緊靠先生莖者，有後生莖向周圍放射者，一一記載，亦大有利益。

4° 生長狀態 如發育齊一與否，分蘖力強弱，葉莖顏色，形態及發育狀況須一一註明。考察時期第一期在莖幹高升時，第二期在抽穗前。通常用數字標明生長狀況：1= 生長遲緩，2= 生長平常，3= 生長優良，4= 生長茂盛，5= 生長最佳。

5° 凍害 此為經冬植物，例如小麥、至稻、玉蜀黍等一年生植物，無須記載，因過冬植物富有耐寒性方可稱為良種。

6° 抽穗日期 自弗老來洛氏<sup>(1)</sup>在美國證明，小麥第一次抽穗日期與早熟性大有關係後，<sup>(2)</sup>拉土韋色氏<sup>(3)</sup>在比國觀察與 Miège 氏在法國觀察，結果相同。

7° 病虫害 各種病菌害虫及害獸之侵害程度<sup>(4)</sup>狀況發現日期，分別記明。病害如黑穗病，黑銹病，黃銹病，枯折病，倒伏病；<sup>(5)</sup>害獸如家畜害鳥害鼠……皆為最著者。

8° 成熟日期 指可收割而言，種粒已無漿液，用手指難於壓

註 (1) Florell (2) Studies on the Inheritance of Earliness in Wheat (Journal of Agricultural Research 1924)

(3) Lathouwers 現任比國農學院教授

(4) 如部銹病 0=無病 1=甚少 2=害病占 1-5% 3=害病占 5-10% 4=害病占 10-20% 5=害病占 20%以上。但在部載簿上反用數字代表抗病力。

(5) 瑞典記載倒伏程度亦以 0-5, 0 標明無倒伏, 5 標明倒伏最盛。

碎，莖幹下部完全乾枯，呈黃色，穗部亦鮮有帶青色者。若計算成熟度，以黃熟穗數乘一百，而以有效分蘗數除之即得。

9:° 早熟程度 鑑定早熟性與晚熟性之方法，古法計算自出苗至成熟中間之日數，新法記算出苗至第一次抽穗中間之日數，日數少者早，日數多者晚，新法較簡易。

10:° 抽穗整齊度 稻麥之抽穗整齊度與產量大有攸關，亦為育種者必須注意之一：凡抽穗整齊之品種，產量必佳。若計算整齊度，以抽穗數乘一百，而以分蘗數除之即得。抽穗標準，以完全出葉鞘為度。

11:° 有效分蘗率 通常以有效分蘗乘一百，而以分蘗數除之，即得有效分蘗數百分率。

12:° 植科高度 通常以每叢中之最高植株為標準。

記載簿為育種家必需之要件，不宜過大亦不宜過小，以便於攜帶及記載為是。現今歐洲人所用者長 20 公分，闊 17 公分。(1) 至記載法當隨植物種類而改變。茲舉二例如下，餘者即可以此類推：

	A	小麥	
行數.....		種名.....	
每行粒數.....		系名.....	
面積.....		播種日期.....	
出苗初期.....		出苗普通期.....	
抽穗	{	最初期.....	由出苗至抽穗日數.....
		普通期.....	

註 (1) 浙江農場所用者則多長 30 公分闊 20 公分。







#### 第四項 試驗區之管理

在普通耕作（如除草、灌溉……）之外，育種園中常需特殊管理：例如春季路徑常被野生植物侵入，必須用鋤除去，以免混雜兩旁區間純系。假若畦邊植物或間隔植物發育過甚，有防礙試驗，可立即用刀割除。如欲預防各畦邊植物傾倒紊亂，必須先在其兩傍插立木樁，橫繫繩索，或用鐵桿橫穿鐵絲，支持兩傍植物。使其不致倒伏於道途中也。

#### 第五項 收穫

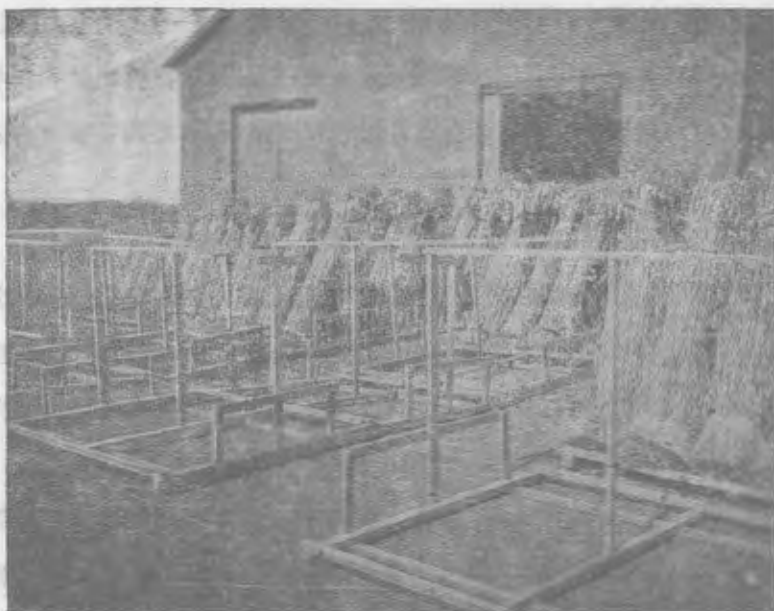
試驗作物之收割尤宜細心，不可草率，亦不可延緩，須俟莖桿乾燥，方可搬入。乾燥法大約有二：一用木樁插釘土中，橫穿繩索或鐵絲高一公尺，次將收割之作物，分束排靠，此因空氣流動，乾燥較速。二用木材製成輕便架子，每個約可攤晒十束收穫，（第十九圖）如遇多雨之天，割後即搬入廠棚內乾燥。

標本區 成熟時連莖根一并拔取，捆成各個小束，掛一標籤，上記明號數及種名，凡未被選取之植物，概收為消費之用。

第二年選本 連根拔起，捆縛為一二個小束；掛以標籤記明種名及號數。選取新選本之法，有在成熟前，就地選取者，有待收穫後，在試驗室選取者；就科學方面說，二者相等；但就時間方面說，前者較後者為經濟，凡被選取之選本，可縛紅線以為標記。

每行頭二三株及尾二三株或畦邊，或路傍之植物均不可選取，免受生長競爭之誤，若行室內選種法，當收割時預為除去。

第三年選本 因計算每株植物種子量及發株之平均，故收穫時亦須連根拔取。至考種室後，將根刈除，每區提一千計求發株之比較。此種



第十九圖 選種燥乾架

工作需要長久之時間與衆多之手工。

第三年選本比較產量之多寡，不以株，但以行或以區爲單位，因各區行數，總相等；各行株數總相同也。若爲選種迅速起見，不宜用刀割，亦須照第二年辦法，各株連根拔取，同時選優除劣，至選擇手續完竣，用刀割去根部，庶易保持選本之清潔及避免混雜。

比較試驗與繁殖 收穫可用刀；最宜注意者，品系不可混亂，種子與莖稈之秤量須準確。茲舉德國所用之方法略述如下：當收穫時，在每個試驗區中任意割取若干株植物，裝置大袋裏，以爲產量比較試驗之材料，因若全部用爲試驗未免過於麻煩。

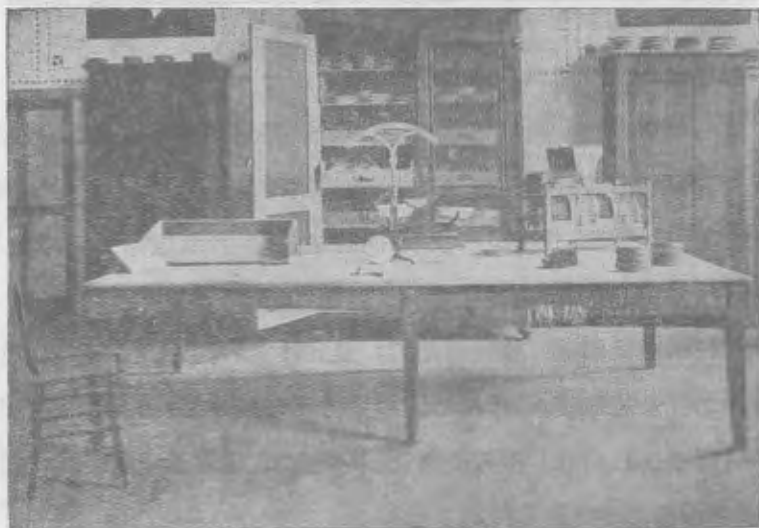
收取之材料宜細心秤量。爲便於工作起見，可在各區採取同一重量

之標本，密封於袋中，內外均附以標籤，搬運於考種室，懸掛於空氣流通之處所。餘者用普通收藏法，脫殼稱量。至一、二星期後，再比量各袋中之標本材料，復於每組中取二百克乾燥於乾燥箱內，以比較各個含有之水分。

### 第三節 考種（記載，分析）

在育種園或試驗地之附近須建築貯藏乾燥室，浙江省立稻麥改良場已於前數年仿照美國大學試驗場之乾燥室起築一所，規模頗大。凡收割之品系，俟其乾燥後，分別區域詳加分析，將分析所得之結果與前次關於植物生長時之觀察聯合作一總比較，即可判定各個品系之去留。

（甲）考種室及其器具 考種室為收穫之選本，實行最重要之觀察與分析，其首要之條件，光線十分充足，方易免選取之謬誤；如用玻璃



第二十圖 考種室之一角（工作桌，種子櫃，天秤，脫粒機，選粒機，紙杯等）

壁或多開玻璃窗均可。地面宜用精美三合土鋪陳，以便落地之種子，易於收拾。

選種室內最需要之器具為裝置育種簿之公事櫃及工作桌，通常工作桌面漆黑色（第二十一圖），長三公尺，闊一公尺半，排列檢驗全株之選本；種子櫃貯藏各種標本種子，自動天平、普通天平、計算機等亦為必備者，數年前德國曾創製各種儀器測量莖幹之硬度，但現今用者甚少。

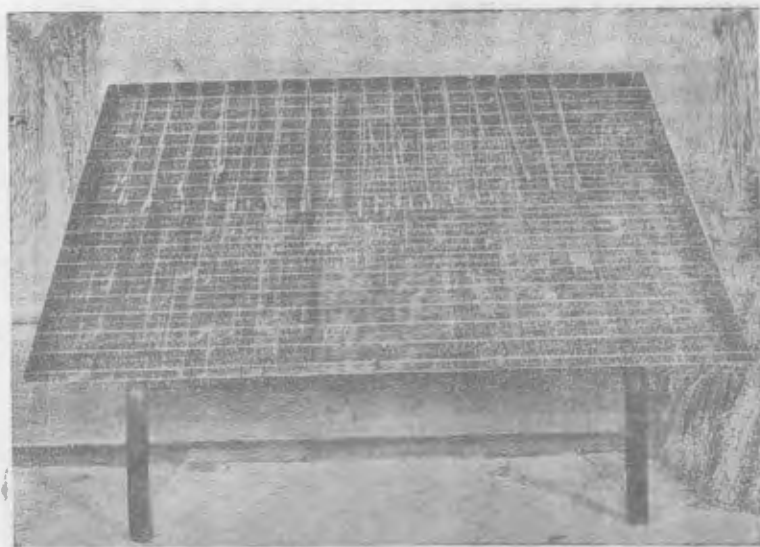
計算機與普通西文打字機形狀相似，其計算較珠算筆算更快更確，不過價值甚昂，私人無法置備耳。



第二十一圖 計算機（自作，杭州稻麥改良場）

（乙）第一年考種 如不在普通栽培地內檢取選本，可就各標本區選拔細束，搬入室內，細加鑒別去留，方可用為改良植物之起點。但燕麥等植物必須在收穫前選定，因至穗成熟時形態已變，無法判斷矣。

選種之手續通常分兩步 第一步粗略選擇，每標本區中凡發育形態穗莖稈具尋常狀態者，概留存之。第二步精細選擇，德國常用一塊黑板，長三公尺，闊二公尺，斜斜懸掛於考種室之一邊，板之上端具有一平排鐵釘，滿面劃分度數，以粗白線為公分，細白線為半公分，紅線為公尺。先將二區中所有第一次被選之植物，株株倒懸於鐵釘上，次依紅、白、線之尺度，一一比較其短長。穗與莖稈之色澤，深淺不同，藉黑板顏色之反映，人之眼力更易辨判株莖與穗之狀態及整齊之程度。



第二十二圖 選種黑板

在美國康乃爾大學，浙江省稻麥改良場均建有大規模之貯藏室，內設選種架，該架係用木條固於天花板上，離地面約七尺，橫木條長約三尺，上具鐵釘，即懸掛選本者，鐵釘彼此距離約五寸，凡由田間選取之全株植物，可分別倒掛於釘上，以為此後隨時之考檢比較（圖二十三）。



## 上表各行之解釋

第1行 品系號數 在標本種子或植物進入育種室後，須給一號數以免混亂，此種數字用亞拉伯字。

第2行 品系名稱 寄送標本者所給之名稱，無論確與不確均須載入，如有差誤，俟將來考察後更正。

第3行 複選號數 選本之號數與標本之號數完全無關，通常為免除混亂起見，在亞拉伯數目字前用一或兩個零。每個種系自選本至繁殖，須保存一個號數，將來流通於民間，甚多便利。

第4行 植科高度 各選本莖稈之長度，先用尺一一度量，再求其平均。

第5行 穗之色澤 註明白、紫、黃……等顏色並須記明深淺。

第6行 穗之形狀 依各種植物之花序詳細記載。

第7行 穗之平均密度 穗之密度在考察品系上頗關重要，因在普通境地，各選本能遺傳其平均性而永不改變也。

凡穗狀穀類植物之密度可分小穗密度( $D$ )與穗實密度( $d$ )兩種。

(1)  $D$  = 某長度中支穗層數或 10 公分穗柱之階梯，此種密度算式如下：

$$\frac{\text{支穗層數} \times 10}{\text{穗柱長度}}$$

先量穗柱之長度，從最低支穗至頂端支穗，姑不論其為虛穗或實穗，次計算支穗層數，虛數亦在內，用 10 乘而後用穗柱長度除之即得穗之密度。



(2)  $d=10$  公分穗柱上之種粒數，算式如下：

$$\frac{\text{種粒數} \times 10}{\text{穗之長度}}$$

$D$  與  $d$  有相互之關係，通常  $D$  增加大時， $d$  亦增大。但  $d$  另可代表支穗種粒數及空隙度數或虛支穗數。

燕麥之花序與小麥不同，計算密度法有三，即用 20 公分長度之支穗層數、或支穗數、或種粒數，但選用後法為最善。

第 8 行 種粒色澤 例如小麥有白色、淡黃、深黃、淡紫、深紫、紅褐、銅紅等色，燕麥有白、淡黃、金黃、灰黑等色，圓麥有淡褐、深褐、淡青等色。

第 9 行 種粒形狀 例如短、細長、尖削、圓粗、扁平、圓。……

第 10 行 種粒組織 硬度，堅結，疎鬆。……

若為完全起見，此外另可加入二、三行，例如每株穗數或有效分蘗數可加入第 4 行與第 5 行之中間，每穗種粒平均數及 1000 粒種子平均重量，可加入第 9 行與第 10 行之中間。

(丙) 第二年考種 起初須詳加選擇，大凡發育不良者概除去之，或登記其發育不良之原因，如抗病力弱、受虫害、或寒災等。近今歐洲試驗場通用之記載表如下：

第 1 行	品系統數	與選本號數同
第 2 行	品系來源	選本名稱或雜交之親本名稱
第 3 行	行數	如各品系行數不同時，尤須記明。
第 4 行	每畦種粒產量	以已簸除種殼之種子計算。

第5行 每小行種粒產量

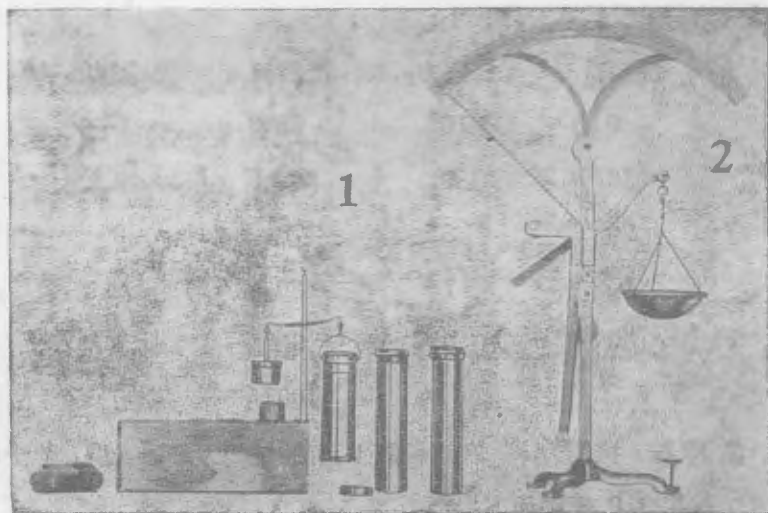
第6行 每公石重量

以四分之一公升計算。

備	考	22	
性	種	粒	21
	種		20
	莖	桿	19
力	立	枯	病 18
	腥	黑	穢 病 17
	黑	銹	病 16
	倒	伏	15
抵	冬	寒	14
	比	較	13
	早	熟	性 12
	出	苗	至 成 熟 11
早	自	出	苗 至 抽 穗 10
	成	熟	9
	抽	穗	8
	出	苗	7
每	公	石	重 量 6
種	每	小	行 5
	每	畦	4
行	數	3	
品	系	來	源 2
品	系	號	數 1

註 (16) 黑銹病學名 *Puccinia graminis*(17) 腥黑穢病學名 *Tilletia tritici*(18) 立枯病學名 *Opbiobalus graminis*

重量之鑒定，亦為重要之手術。在多數地方，商市之價值完全視種子密度之大小，例如德國、美國、荷蘭、瑞典計算每公擔種子之重量，均以四分之一公升為標準。通常測量種子重量之器具為長圓形之鐵筒，恰可裝四分之一公升（如二十四圖 1）。



第二十四圖 (1) 鑒定四分之一公升種子重量之鐵筒  
(2) 考良氏天平

第 7—13 行 在實際上用絕對早熟性與相對早熟性兩行與對照區比較就夠，至多亦不過用第七至十一五行。

第 14 行 抗寒力之計算法如後：例如現有七行種植，每行 20 粒種籽，共 140 粒，在第一次結冰前，原有 130 株植物，至春天時剩存 85 株植物，換言之，在此 130 株幼植物之中有 45 株被嚴寒凍毀，以百分計，則為

$$\frac{45 \times 100}{130} = 34.6\% \text{ 即凍毀者佔 } 34.6\%$$

假設抗寒力分爲十度(從 0 至 10) 10 代表抗寒力完全而毫不損傷者, 0 代表抗寒力毫無而完全被凍毀者, 依據此種關係, 即可用百分計算凍害之程度及抗寒力之大小:

凍毀%	抗寒力	凍毀%	抗寒力
0	10	50	5
10	9	60	4
20	8	70	3
30	7	80	2
40	6	90	1
		100	0

第 15 行 抗倒力 在育種簿上, 可將抗倒力分爲五度, (十度亦可) 由 5 至 0, 舉例如下:

倒伏度	抗倒力
↓ 畦爲 0	} ..... 4.5
↓ —— 2	
↓ 畦爲 5	} ..... 0.5
↓ —— 4	
↓ 畦爲 2	} ..... 1.5
↓ —— 4	
各畦爲 3	..... 2

關於研究禾本科植物莖稈之硬度，由來久矣，其法約可分四種：(1)用機械測驗植物莖之硬度，例如德國有很多農業試驗場均用克綠色<sup>(1)</sup>機測量莖之抗斷力。(2)用顯微鏡觀察禾本科植物莖中支持組織發展之程度，因此種植物莖中導管周圍有纖維羣，細胞皆木質化，木質化之部分愈多，植物莖之硬度當愈大也。(3)切取莖之下部(例如取 35—50 公分長度)權度重量，因凡植物莖中之支持組織、愈發達，則愈粗實，重量愈大。(4)然上三種僅為測驗抗倒力之輔助方法而已，主要之方法仍推田野觀測；應用此法，總是百無一失。

第 16 行 黑銹病抗力 在育種簿上亦可以 0—5 度記明(參看第二篇小麥改良章)。

第 17 行 黑穗病抗力 在計算麥穗被毀之數後亦可以 0—5 度記明(參看第二篇小麥改良章)。

第 18 行 立枯病抗力 在偶然被害後記明。

第 19 行 莖稈特性 顏色，平均長度。

第 20 行 穗之特性 形狀，色澤，有芒或無芒，小穗密度等等。

第 21 行 種粒特性 形狀，大小，色澤，成分等等。

在上述之外，有時加入千粒種籽之重量一行，因其與公石重量均可表現品系之特性，若能同時鑒定千粒重量及公石重量更善。然在前頁已說過，在收穫關係上稱量四分之一公升比秤量 1000 粒種籽更好。

秤量千粒種籽之手續甚簡單，隨意在一組中取 500 粒，用考良氏天平秤之，再用 2 乘之即得。如由二人秤量，須細心觀察，並須令其分爲

註 (1) Krause



次第施行之手術如左：脫粒，篩別，鑒定糞秤重量，及秤量種子全量，四分一公升重量，繁殖種子量，麵粉種子量，殘費種子量等。

何謂實際產量？因試驗所用之地普通面積不過數公畝，若將其變為每公頃之產量，總不免失實，蓋區域愈小，邊緣愈廣發育優異之植物愈多。據如洛乃(1)氏計算實際收穫量法如下：

例如 某試驗地長 40 公尺，闊 5 公尺，其面積等於 200 方公尺，種籽產量共 50 公斤；而其邊緣面積或為  $40+40+4+4=88$  方公尺。此邊地溢出之收穫，則為  $\frac{50 \times 88}{200} = 22$  公斤。若減除百分之 10 = 2.2 公斤僅淨存 19.8 公斤。故該區實際產量為  $50 - 22 + 19.8 = 28 + 19.8 = 47.8$  公斤。然宜注意者，斯種計算法是根據假設試驗地周圍之邊為 1 公斤，其實際收穫減少百分之 10。上項計算法在很多地方重複試驗，均得相當精確之價值。

總結 以上敘述拉士韋色氏即法比兩國純系選種初步方法之梗概，下論用田間統計法減少試驗結果之差誤，以及美國桿行試驗法，英國分區試驗法，皆為育種學上之基本知識。

註 (1) Journé

## 第五章 比較試驗及或差<sup>(1)</sup>

### 第一節 比較試驗

比較試驗為育種技術之主要部分，嘗行於選種栽培第四年，因斯時選取之種子依照我們經驗適夠播種一公畝<sup>(2)</sup>至二公畝半之面積，用作比較甚相當也。否則過早試驗，種量過少難得準確，過遲，需要面積太大，殊不經濟。

比較試驗之最重要問題，是在判定該項品系之去留。所以當試驗時，有兩根本原則，第一土地整理、播種、施肥以及各項管理工作，須完全同一；第二所得之結果，總宜認為完全確實。故此項工作必須應用高深學理，方可實行；普通選種家多覺得太煩雜而厭棄不用。關於此種著作，在德國波蘭美國均有豐富之出版物，惟其中幾點仍在爭論。

總之，比較試驗是求試驗得數之真實，然在產量方面，無論試驗工作如何精確詳善，總不能完全避免大或小、多或寡之錯誤。因此育種者

---

註 (1) 原意約差，英文 Probable error 法文 Erreur probable 通常或差簡寫

P.E.，平均或差簡寫 P.E.m.

(2) are 合 100 方公尺。



欲避免此項錯誤，只有利用數學公式之合理方法減少至最低限度。茲將此試驗中各項工作分述於下：

**試地選擇：** 試地之適宜為試驗結果之主要條件，通常以土質同一，肥料同一，以及其他環境均同一之土地試驗；但不特表土宜純一，心土亦須有有規則之組織。

**耕耨：** 可用人力或畜力，器械耕作不適宜於試驗，因不甚均勻也。

**土地整理：** 比普通耕作地方稍深，但不宜過度；尤其是用德國二三行播種機播種。

**施肥：** 施肥之大概，前在育種園節中已敘述，可參照。據洛每(1)氏經驗，撒施肥料，須依畦之長度並行。

**區形：** 通常用長方形，既少畦邊不同之影響，又可免鄰近植物之混雜。

**區之方向：** 比較少重要，通常依耕耨之方向而定；但在傾斜地須與斜度並行。

**區之面積：** 面積在一定限度內增大，可以增加試驗結果之真實；惟限於試驗地之總面積、種子量以及其他因子，不得越過某限度，但亦無須超過也。在組織不規則土壤，面積之增大，更無關重輕；例如美國嘗試用增大面積，減少差異，終無成效。

洛每氏所用之區為長方形，15—20 方公尺試驗穀類作物及豆科植物，25—50 方公尺試驗根用作物；區之兩端各留 0.5—2 公尺，播種與區中相同植物，但至收割時除去。在比國，通常比較試驗地面積約為一公

註 (1) Roemer

009D
0011D
T4
0011C
009C
T.3
009B
0011B
T.2
0011A
009A
T1
178D
185D
143D
T4
178C
143C
185C
T.3
185B
143B
178B
T.2
185A
178A
143A
T.1
優種區 II

第二十五圖

比較試驗區(比圖)

一九二七——一九二八

年試驗大麥

甲種大麥三品系

乙種大麥二品系。

向次支派

前而：前次支派

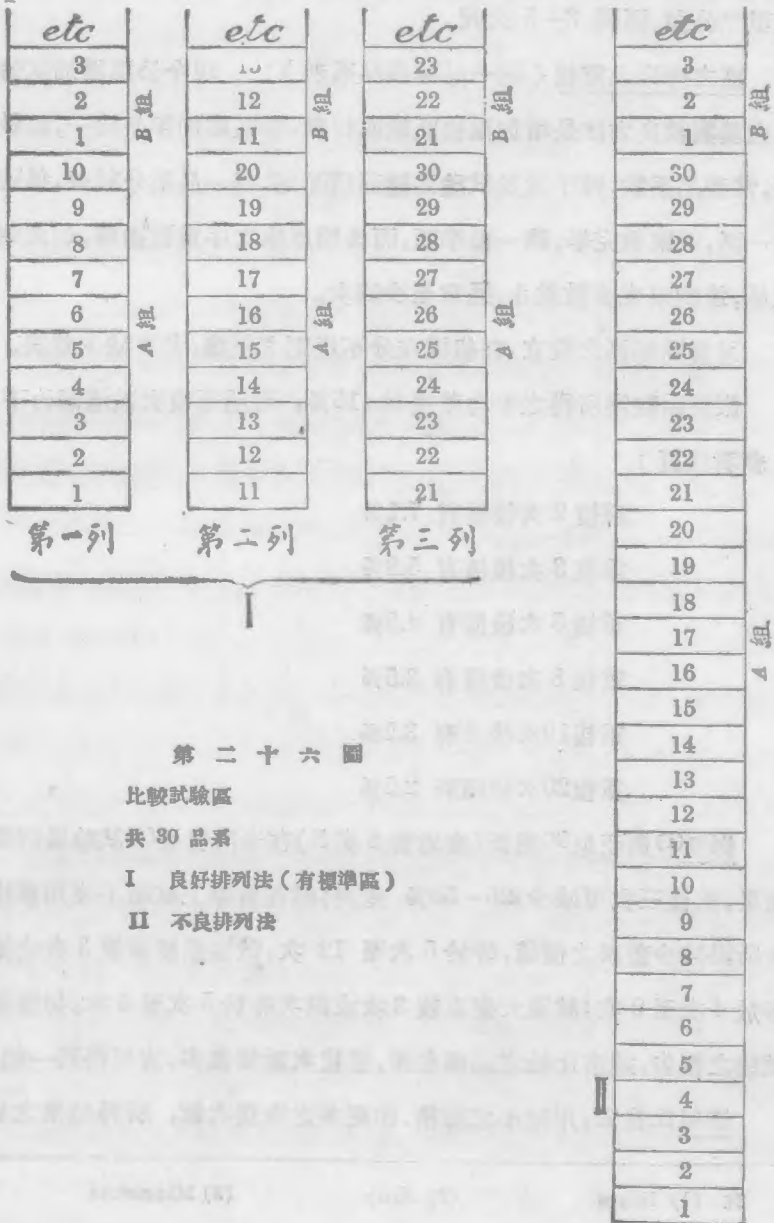
前而：前次支派

前而：前次支派

前而：前次支派

前而：前次支派

前而：前次支派



第二十六圖

比較試驗區

共 30 品系

I 良好排列法 (有標準區)

II 不良排列法

畝至二公畝，區闊 3-5 公尺。

區之排列及重複（同一品種或品系者）：現今公認增加試驗結果之真實較良方法是增加重複區數或行數，各區處理須是同一，區數多寡，當視品系數，種子量及試驗地總面積而定；每一品系分數號，每號播種一區，至號數完畢，建一標準區，而後照原來次序重複播種，如此週而復始，達到限定次數為止，通常至少四次。

又有標準區之設立，在組織成分不規則之土壤，尤可減少差誤。

假設由觀察所得之平均差誤為 15%，可隨重複次數遞減如下：

（參看後頁）

重複 2 次後僅有 7.1%

重複 3 次後僅有 5.8%

重複 5 次後僅有 4.5%

重複 8 次後僅有 3.5%

重複 10 次後僅有 3.2%

重複 20 次後僅有 2.2%

海斯<sup>(1)</sup>與亞尼<sup>(2)</sup>兩氏（參考書 2 與 5）在米內叟他<sup>(3)</sup>試驗場研究之結果，重複三次可減少 25-50% 差誤；然在實際上試驗小麥用重複四次所得減少差誤之價值，等於 5 次至 12 次，試驗燕麥重複 3 次之價值等於 4 次至 9 次；試驗大麥重複 3 次或四次等於 5 次至 8 次。另據美國試驗之報告，通常比較之品種愈多，重複次數須愈多，方可得同一價值。

洛每氏曾云，用較小之面積，作更多之重複次數，所得結果之真實

註 (1) Hayes

(2) Army

(3) Minnesota

程度，至少也與用較大之面積，作少數重複次數相等。例如用

	100 方公尺重複 3 次	10 方公尺重複 6 次
平均差誤%	小麥 1.98%	2.02%
	燕麥 3.10%	2.99%

觀此，即可證明大面積與小面積所得結果相同，但前者總面積如需要 300 方公尺，後者只需要 60 方公尺而已。

另如在土壤組織不規則地方，宜注意比較試驗之品種過多，以免同一品種重複之距離過大。例如若欲比較試驗 30 個品種，可先分為三組，每組分為數類，每類十區，每組 30 區（第 26 圖）。

**標準區** 在一品種或一變種之試驗間，常有一對照區，一名標準區與標準行意義相同，以為觀察上之比較，既便於觀察，又可減少試驗上之差誤。標準區之設置有二種：第一在每區後設一標準區，第二在每兩個品種間或每數區一組後，設一標準區。前者未免過於繁雜，後者為現今通行之方法，當檢查某品種時，可與其左邊或右邊標準區對照。在普通土壤，每四區設一標準區則可（計算詳理論標準行）。

**邊緣影響** 在田邊或畦邊之植物，因所受之養料，日光，空氣較多，故發育較盛；在普通耕作實無關重要，而在比較試驗則不能不特別敘明。據亞尼氏試驗所得之結果如下：在一長形畦中共有 17 行，每行距 15 公分，沿路邊緣 46 公分，其最外兩行（即第一第十七兩行）之產量超過中間十三行，燕麥 83.5%，小麥 100.4%，大麥 123.3%。其次外兩行（即第二第十六）之產量亦超過中間十三行，燕麥 23.2%，小麥 49.3%，大麥 50.4%。由是亞尼氏推定路徑之影響至少可深入畦地 30

公分。

然收穫量之增加常隨邊緣所佔總面積之比例而異；例如在形狀相同之畦，小者比大者大；長而窄者比四方者大。據洛每氏研究結果如下：

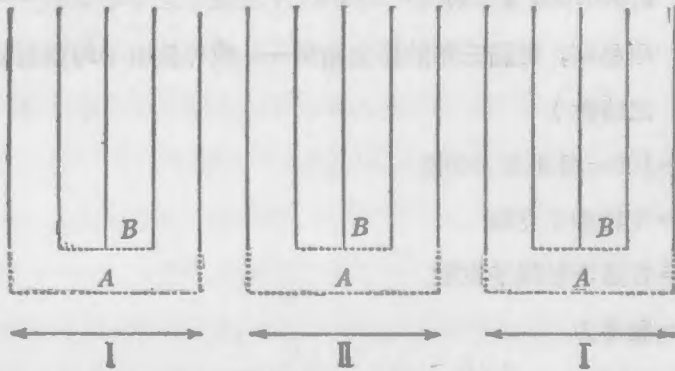
畦之面積	100 方公尺
畦之形狀	10×10, 5×20, 4×25, 2×50
邊緣闊 20 公分	8 方公尺 10, 11.6 20.8 方公尺
邊緣影響（假設四方畦=100）	100 125 145 260

通常試驗畦之闊度不能小於四公尺。

現今德國試驗場正研究減除邊緣影響試驗之失真實，法值播種時，各畦皆連接成片，毫無間斷；至收穫時或抽穗時，方建立路徑；最好於開花時，依每畦長度除去第一行與最末行。但亦可在抽穗前，劃一溝痕分畦，至畦之兩極邊緣之植物種實不在試驗內計算。

品種之相互影響 有若干試驗證明最後一行品種發育茂盛，可使與其接近最前一行生長不良；因後者對於前者有一種壓力，令其不能發揚。此項壓力之大小與株間距離成反比例，故欲減少壓力可增大距離也。（第 27 圖）另有將品種中發育之強弱，成熟之早晚，一一分類播種，換言之，發育強者與發育強者毗連，早熟品種與早熟品種銜接；亦可減少彼此影響。若用美國行播法試驗，此法尤為有益。

空隙影響 田地間嘗因天災或病虫害，或播種失慎，以致空隙太多，可令產量減少，失其真實。據洛每氏研究，在穀類作物，若僅死亡一二小植物 因其左右發株之增加，產量不致變更；但多則有影響。在根用作物不然，例如甜菜，馬鈴薯，一有空隙即影響產量，但在比較試驗，可



第二十七圖 植物生長互相影響 I 發育強盛之品種 II 發育緩慢之品種

IA 行之收穫比 IB 行多，反之，IIA 行之收穫比 IIB 行少。

將空隙處生長之塊根或塊莖，一律除去不計，僅採取普通區域者計算，再在總面積中減除空隙部分。

又據洛每氏試驗甜菜之結果，假設普通區域根之平均重量為 100，在空隙中之根，1921 年平均 108 (102-115)，1922 年平均 121 (109-136)。在甜菜比較試驗地，若遇空隙過多可改條播為點播。

種子播種量 德國學者多主張在同一面積內，植物株數宜相等，此項植物株數可由千粒種子之重量與發芽百分率（在三公分土下，十四日後發芽數）推出。洛每氏計算每方公尺需要種子量之公式如下：

$$\frac{a \times b \times c}{d \times e}$$

a — 每方公尺種子平均重量，未計算千粒種子重量，亦未計算發芽力，僅由數品種平均計算，經過三年而得。（若穀類作物，行間距離為 20 公分，每粒發芽種子占 2.5 公分，每公頃種子

2,000,000 粒，則  $a = 2000 \times$  千粒種子之平均克數——由數項品種，經過三年計算之結果——或每公頃平均重量公斤數之倍數)

$b = 100 =$  發芽力 100%

$c =$  千粒種子克數

$d =$  普通千粒種子克數

$e =$  發芽力

由上項公式  $\frac{a \times b}{d} = M =$  固定乘數，隨每公頃種子重量及作物品種而改變。並且凡播種行距 20 公分，每粒發芽種子占面積 2.5 公分，則每方公尺種子量 =  $\frac{M \times \text{千粒種子重量}}{\text{發芽力}}$

在美國康乃爾大學試驗結果，凡同一品種，同一面積，雖播種稍有疏密之不同，其收穫仍無差異；因疏者分蘖較密者多也。德國米脫舍力舌氏(<sup>1</sup>)主張密播種子，大麥每公頃 160 公斤，別種麥 140 公斤，可避免發芽力強弱及種粒大小之差異。波蘭考色脫乞氏(<sup>2</sup>)曾用五種燕麥試驗三年，每年每種種子量分爲四等，即每公頃合 100, 85, 75, 65 公斤，而每年每種之產量均無甚差異。

播種 中國現有之試驗播種多用手工，西洋多用播種機；故播種與比較試驗亦有重要關係也。斯項播種機第一須易清滯，一粒種子不致隱藏；第二須便於調理使用，雖在極小面積中，仍可行止裕如。惟播種種子選用浸潤方法預防病害時，則播種機頗難使用適宜。他如燕麥種子總難有規則之播種。

註 (1) Mitcherlich

(2) Kostecki



比區試驗場所用之播種機，普通五行，與畦之闊度有一定比例；德國所用播種機，行數不等，或一行，或二行，或三行，用農工施行播種。在未實行播種前，可先擇一地方試驗，用袋套於各漏斗下，以便判斷各漏斗之下種是否齊一適當。如齊一適當，可先播種第一對照區，再播種第二第三……對照區，以免清掃之繁複；待對照區播種畢，即立行清掃，不可一粒遺留，如此繼續播種第一品系，第二品系，每換一品系，必須大行掃除。

植物生長期之工作 生長期內之工作，第一觀察，如發芽、越冬、發育、抽穗、發株以及災害病虫等等情形，均宜分別記載，以備判斷。第二處理，如施肥、冬耕、除草、灌溉等，亦宜按時施行，不可疏忽。

收割 在收穫之前，除去畦之周邊，穢棄於收穫比較之外；兩傍至少須除去 40 公分，兩端除去 50 公分至一公尺。收割器可選用長柄大鐮刀，快而且精。若畦由徑分界，宜先將兩傍之穗分開整理，絕不可聽其混亂。割後，可一束一束捆紮，豎立田地，吹風乾燥。如遇有斷碎穗莖，立宜插入各原束內。於必要時，可用布袋將穗包紮，以便搬移及脫粒。

為避免不良天氣鑒定種子乾分之困難，可於脫粒時，各取樣本種子 500 公分，分量可增可減，放於通風之室內，保藏三五星期後，即可用作鑒定種子之大小及重量等。

脫殼 最好利用較小脫殼機，可省許多時間與人工。他如篩選宜用選殼機，秤量宜用天平。

小地試驗 小地試驗<sup>(1)</sup>是用較小之面積作比較試驗，乃為沙拿夜洛

註 (1) Microessais

氏<sup>(1)</sup>所提倡，在三方公尺之小畦內，用手粒播種。實在此項方法是純系選種中第一第二兩年宜行者，其詳細情形，前已敘述。

在比國育種場試驗穀類作物，第一年選本播種於 1.5 至 3 方公尺面積之畦，株距 5 公分，行距 20 公分，中夾多數對照行，以為比較試驗之基礎。第二年選本仍是粒播種，行株距與第一年同，每畦 15 行，每行 60 株，共 900 株植物，其面積為  $3 \times 3 = 9$  方公尺。但先宜注意，種子量是否夠為多數對照行之重複播種之用。

拉土章色氏宣言頭二年行小地試驗，而後再用較廣闊面積（1 至 3 公畝）行比較試驗，有對照區，重複數次，甚是有利方法。若用數個小畦，每項品種重複二、三次，當可減少土壤物理組織或化學組織之差異及其在收穫上之影響。下項二十八圖乃為少數品種之比較試驗排列法。

1	2	3	4	5	S	A	B
5	S	A	B	1	2	3	4
3	4	5	S	A	B	1	2
S	A	B	1	2	3	4	5

第 二 十 八 圖

比較試驗之重複四次排列法

1, 2, 3, 4, 5, 試驗中五個品種。

S 對照區。

A, B, 本地兩種優良品種。

註 (1) Scharnagel

## 第二節 或差

### 第一項 或差之意義

假設現今由雜交育種法得一新品種，或在純系選種之比較試驗須比較每畝產量，在普通最簡便之方法，選擇最小之面積、仔細播種、耕作、收割、及秤量而已足。然此試驗不能認為精密確實也，若將其分置同一之環境中試驗比較，產量仍不相等，即結果仍不準確。故用任何品種，重複種植於同一區域，試驗任何準確，各區之產量仍難同一；而對於該品種平均數總有若干差異，此即所謂或差是。

或差之來源，不外天然與偶然兩種；前者例如土壤物理組織或化學組織之差異，時季氣候之差異，以及種子發芽力或生長力之差異等等；後者例如栽培管理之差異，試驗手術之差異，計算或秤量之差異，以及病蟲災害偶然發生等差異，試驗時既難完全避免，結果自有出入。蓋重複數次之比較試驗，雖欲求栽培環境，管理方法絕對同一，殊不可得也。如我們實行數種品種比較試驗，各種收穫量好似徬徨變異或波狀變異，若聯合劃一曲線，亦必與普通徬徨變異曲線相似。此項變異亦有一中心點或平均數，即曲線中之模範價；各區之產量常與模範價左右相近，無大懸殊。但斯模範價或平均數是由各試驗結果之不同數字總和求出，非其自身產量之真實數字；既不能代表品種真實價值，又不能推算真實變異。因此近二十年來，學者始用田間統計方法中之或差法，測定變異之限度，及試驗中記載是否有價值，差異是否確實。故或差之計算乃為補救比較試驗之困難而已。

茲舉例，在比較試驗上應用或差之利益：假設一個品種小麥之產量，五區平均每公畝 36.5 公斤，其或差 (PE) 為 3.2 公斤，換言之，每公畝確實平均產量在 33.3 公斤與 39.7 公斤之間，即最多 39.7 公斤，最少 33.3 公斤。如欲同另一種小麥產量比較優劣，必需兩者差異，(1) 至少等於或差三倍方得確實。假若差異數與或差相等，則試驗差誤之機會與非差誤相等，結果自少精確。若差異數等於或差兩倍，則差誤與非差誤機會之比，等於 1:46；若差異數等於或差數三倍，則二者機會之比，等於 1:22.5。故通常採用差異數，總須等於或差數三倍或四倍。

假設現欲比較 *A* 與 *B* 兩個品種之產量，*A* 與 *B* 各播種於五區，*A* 之平均產量，每公畝 42.8 公斤，*B* 之平均產量每公畝 38.6 公斤；差異數為 4.2 公斤。然此差異究否有價值，尙待或差證明；例如 *A* 之產量伸縮力為 2.4 公斤，*B* 之產量伸縮力為 1.6 公斤，換言之，用重複數次試驗，平均產量，*A* 至少 40.4 公斤，最多 45.2 公斤，彼此相差不超過 2.4 公斤。*B* 至少 37 公斤，最多 40.2 公斤，彼此相差不超過 1.6 公斤。由上觀之，*A* 之至少量 40.4 與 *B* 之最多量 40.2 大約相等，無甚差異。

總之，若欲鑒定 *A* 與 *B* 兩品種平均差異 (4.2 公斤) 之或差，必須該差異等於或差三倍或四倍，方可得其實差異之價值。至計算試驗之或差，通常以百分記，例如 9 公斤  $\pm 0.3 = 3.3\%$ 。洛每氏云，以前比較試驗之差誤常達 5—6%，現今利用或差法，差誤可減少至 1.5—2%。

註 (1) difference 一名相差

## 第二項 或差之計算

關於生物統計學之研究，最著者有非舌氏(<sup>1</sup>)韋適氏(<sup>2</sup>)洛夫氏海斯氏及洛每氏諸人，各有其精彩之著作（參看後參考書目），對於育種學上之貢獻亦多矣。現今通用之或差計算法有以下數種：

(一) 柏斯爾氏(<sup>3</sup>)公式：此法先求單區或差，再求各區平均或差：

$$(1) \quad PE = e = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}}$$

$$(2) \quad PE_m = E = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}}$$

$PE$  或  $e$  = 每區或差

$PE_m$  或  $E$  = 各區平均或差

$\Sigma$  = 各數總和

$d$  = 平均差數（偏差）

$n$  = 試驗總數

上項計算或差之公式與前計算標準偏差之公式  $x = \sqrt{\frac{\sum PD^2}{n}}$

頗相似。比較試驗中產量之變異，總不遠離其中心點，好像徬徨變異曲線中之模範價，所不同者，在此公式中，變異是代表差誤。故計算標準偏差之方法稍有改變； $PE = e = \pm 0.6745x$ ，同時分母中  $P$ （此處  $P$  等於單位數）消除，分子  $n$  改為  $n-1$ ，因假設收穫之一等於平均數。並且若試驗之結果數大，則被  $n-1$  除得之商數等於被  $n$  除得之商數。

然則或差是由多數試驗結果之平均數（ $E.P.m$  或  $E$ ）而來，等於

註 (1) Fisher (2) Wishart 以上二人皆為英國著名之生物統計學家 (3) Bessel,

$$\frac{PE}{\sqrt{n}} = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}}$$

(二) 彼得氏公式：此即以平均數求偏差，由偏差求或差法：

$$(1) \quad PE \text{ 或 } e = \pm 0.8453 \frac{\sum (+d)}{\sqrt{n(n-1)}} \text{ 求每區或差}$$

$$(2) \quad PE_m \text{ 或 } E = \pm 0.8453 \frac{\sum (+d)}{n\sqrt{n-1}} \text{ 求平均或差}$$

上公式中(+d)示總偏差，不計其為正號或負號，一律相加而得之和數。柏斯爾與彼得兩公式有相互關係，所不同者，柏斯爾根據標準偏差推算，彼得以平均之平均偏差為基礎 $\left(\frac{\sum (+fd)}{n}\right)$ 。茲舉一例應用二公式，以比較其推算之結果，假設現有6區比較試驗，每區面積一公畝半：

區之號數	每區產量	d (平均偏差)	d <sup>2</sup> (偏差自乘)
1	71.4	0.5	0.3
2	72.8	1.9	3.6
3	69.4	-1.5	2.3
4	70.0	-0.9	0.8
5	68.8	-2.1	4.4
6	73.2	2.3	5.3
總數	= 425.6	$\sum(+d) = 9.2$	$\sum d^2 = 16.7$

$$M \text{ (平均數)} = 70.9$$

(a) 應用柏斯爾公式推算：

$$PE = e = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{16.7}{5}} = \pm 0.6745 \sqrt{3.3}$$

$$= \pm 0.6745 \times 1.82 = \pm 1.22$$

$$PE_m = E = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{16.7}{30}} = \pm 0.6745 \sqrt{0.56}$$

$$= \pm 0.6745 \times 0.75 = \pm 0.51$$

(b) 應用彼得公式推算：

$$PE = e = \pm 0.8453 \times \frac{9.2}{\sqrt{30}} = \pm 0.8453 \times \frac{9.2}{5.5}$$

$$= \pm 0.8453 \times 1.7 = \pm 1.44$$

$$PE_m = E = \pm 0.8453 \times \frac{9.2}{6\sqrt{5}} = \pm 0.8453 \times \frac{9.2}{13.2}$$

$$= \pm 0.8453 \times 0.7 = \pm 0.59$$

由上演算看來，柏斯爾與彼得兩公式大致相等，每區或差為 1.22 與 1.44 之比，平均或差為 0.51 與 0.59 之比。

在比較試驗中通常以多數試驗結果之平均，作比較之基礎。茲就上項試驗來討論平均或差，依照柏斯爾公式，六區收穫之平均或差為 0.51 公斤，換言之，在平均 70.9 公斤數上或加或減（±）0.51 公斤；有時多至 71.4 公斤，有時少至 70.4 公斤。但亦有相等機會超出此限度之外，換言之，有 50% 機會在此限度之內，同時有 50% 機會超出此限度之外；此處或差在算學上平均（*M*）僅有 0.7%，但在實際上甚難有此成績。

比較試驗上之差異與試驗人之技術亦有重要關係，技術愈進步或差愈減少；例如洛每氏於 1920 年，試驗小麥、燕麥、糖用蔓菁<sup>(1)</sup>及飼料蔓菁四種作物，由計算所得之或差為 3.36%，4.16% 2.75% 及 3%，至 1923 年繼續試驗，因各種技術改良，減為 1.24%，1.68%，1.31%，及 2.48%。另如同一品種重複次數多，差異亦可減少，假設由一區觀察之結果，或差為 6%，若重複 4 次或差可減為 3%（照  $6: \sqrt{4}$  公式計算），若重複 8 次則減為 2.8%。

差異或差<sup>(2)</sup> 比較試驗原為鑑定各品種或品系產量之差異，若欲斯項差異為有價值，則須計算差異之或差。一個差異或差等於兩個平均或差自乘之和之方根：即

$$PEd \text{ 或 } Ed = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

公式中  $E_1$  = 第一品系平均或差

$E_2$  = 第二品系平均或差

例如比較小麥之品系 18 與 21，品系 18 號四區平均產量為 96.5 公斤士 3.8 公斤，品系 21 號四區平均產量為 89.2 公斤士 3.2 公斤。二者相差 7.3 公斤。

故此差異或差為

$$\sqrt{3.8^2 + 3.2^2} = \pm \sqrt{14.44 + 10.24} = \pm \sqrt{24.68} = \pm 5.0 \text{ 公斤}$$

故二者產量之真實差異，則為 7.3 公斤士 5 公斤。而由或差產生之差異  $= \frac{7.3}{5.0} = 1.5$  價值甚小，如依下表檢查，在一萬個中僅有 6883 差

註 (1) 一名甜菜，(2) *erreur probable d'une difference* (法) *p.e. of a difference* (英) 一名或差較



異是真實，3117 差異是偶誤；簡言之，復遇機會為 2.21 : 1。

或差之偏差 $\frac{D}{PE}$	在 10,000 中		機遇比 (1)
	偶 誤 差 異	真 實 差 異	
0.00 PE	10,000	0	$\infty$
0.10	9400	598	18 : 1
0.50	7359	2641	2.8 : 1
1.00	5000	5000	1 : 1
1.10	4961	5419	1 : 1.18
1.50	3117	6883	1 : 2.21
1.70	2515	7485	1 : 2.98
2.00	1773	8227	1 : 4.64
2.50	918	9082	1 : 9.89
2.70	686	9314	1 : 13.59
3.00	430	9570	1 : 22.26
3.25	284	9716	1 : 34.21
3.50	182	9818	1 : 53.95
3.75	114	9886	1 : 86.72
4.00	70	9930	1 : 141.86
5.00	7	9993	1 : 1427.57

註 (1) Odds 一譯偶差

假設 7.3 公斤差異之或差亦為士 7.3 公斤，則或差之差異亦為 1，真實差異與偶誤差異之比為 1:1。若差異數等或差 3 倍，則差異方為真實，而機遇比等於 22.3 : 1，換言之，真實差異之機遇佔 22.3 份，偶誤差異之機遇佔 1 份。

(三) 學生公式：上述二公式可適用於普通試驗，若遇差異程度

過大，以用學生法為宜，例如土質差異太多或試驗延長數年，四季氣候差異太遠；或試驗區過於零雜；各品系或品種間之產量比較，懸殊甚大，如依柏斯爾或彼得之方法推算，或差數過大，所得結果，愈難符合實際情形。

在上項情形，洛夫與卜汝森(1)二氏曾提倡用學生法或學生公式推算或差，(2)並解釋應用之方法；假設 *A* 與 *B* 兩品種為比較試驗之材料，每品種重複六區，在土質差異懸殊之田地，繼續試驗六年，收穫量以英畝斗計算：

品 種 <i>A</i>	品 種 <i>B</i>	<i>d</i> 差 數	<i>d</i> 偏 差	<i>d</i> <sup>2</sup> 偏 差 自 乘
79.6	77.2	- 2.4	9.5	90.25
49.7	53.5	3.8	3.3	10.89
46.5	66.1	19.6	12.5	156.25
63.8	65.8	2.0	5.1	26.01
42.4	52.4	10.0	2.9	8.41
49.7	57.3	9.6	2.5	6.25
		+ 45.0		298.06
		- 2.4		6
		42.6		=49.677
$M = \frac{42.6}{6} = 7.1$				

$$x \text{ (標準偏差)} = \sqrt{49.677} = 7.05$$

$$Z = \frac{M \text{ (平均差數)}}{x \text{ (標準偏差)}} = \frac{7.1}{7.05} = 1.007$$

註 (1) Brunson (2) 見浙江建設月刊第五卷第四號，棉業專號，或差學說對於解釋試

驗結果之重要 洛夫，又解釋對比較試驗之學生法洛夫卜汝森。(三)

可見此法之計算先將欲比較之數值，相對排列，兩兩相較，求其差數及平均差數，再從平均差數用標準偏差公式，求出各差數之標準偏差，再計算平均差數與標準偏差之比率，該數值以  $Z$  代之。再由  $Z$  之數值在學生表中檢查機遇比數，即可知二者差異之顯著程度。此處  $Z = 1.007$ ， $n$  (試驗區數) = 6 機遇比 = 25.8:1，換言之， $A$  與  $B$  品種之 7.1 差數，為真實差異，非偶誤差異也。

另有更善之例，僅適用學生法，而不適用普通法，例如柏斯爾及彼得二公式。設試驗  $A$  與  $B$  兩品種燕麥，繼續試驗 9 年 (1912—1920)，若用柏斯爾法計算或差：

品種  $A$ (1) 九年平均產量 58.2 英斗 ± 3.05 英斗

品種  $B$ (2) 九年平均產量 50.8 英斗 ± 2.26 英斗

二者差異：7.4 英斗 ± 3.8 英斗

$$\frac{\text{差異}}{\text{或差}} = \frac{7.4}{3.8} = 1.95$$

上式求得機遇比僅 4.3:1，或然性太小，不能稱此差異顯著， $A$   $B$  二種燕麥，似難判定孰優孰劣。然詳考事實， $A$  種燕麥收穫年年比  $B$  種多。事實如此，而結果如彼。故有若干學者藉此非難或差學說之無價值也。

此種試驗之目的，全在比較二品種間產量之優劣，而非計各品種之絕對產量。故欲求該試驗之確實，須先將每年二品種產量，互相比較。柏彼二氏公式卻忽略此點，推算結果因之失實，在此種情形下，惟有應用

註 (1) 大北種即 Great Northern, (2) 必福種即 Big Four

學生法方可濟其窮。試用學生法計算二燕麥之產量差異如何：

年數	品種 A	品種 B	差 數 (A-B)	d (偏差)	d <sup>2</sup> (偏差自乘)
1912	71.0	54.7	16.3	- 8.9	79.21
1913	73.9	60.5	13.4	- 6.0	36.00
1914	48.9	45.1	3.8	3.6	12.96
1915	78.5	71.0	7.9	- 0.5	.25
1916	43.9	40.9	2.6	4.8	23.04
1917	47.0	45.4	2.5	4.9	24.01
1918	63.0	53.4	9.6	- 2.2	4.84
1919	48.4	41.2	7.2	- 0.2	0.04
1920	48.1	44.8	3.3	4.1	16.81
			$M$ (平均差數)=7.4		197.16

$$\sigma (\text{標準偏差}) = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}} = \sqrt{\frac{197.16}{9}} = 4.68$$

$$Z = \frac{7.4}{4.68} = 1.58$$

機遇比 = 908 : 1

由上項學生法計算所得之機遇率甚大，即是證明二者之差異為確實；換言之，如在原地用同一方法，再行試驗下去，每 909 (908+1) 次中，有 908 次結果與前同，僅有一次未知；即 908 次 A 品種比 B 品種產量多，餘一次孰多孰少，尙未可預測也。

#### (四) 非舌氏法

非舌氏法有二：第一法於兩品種數相等時用之，此與學生法頗相

似。第二法於相異之品種數不能用第一法時，亦可用此計算之，所謂非對比法，故應用尤廣。其公式如次：

第一法

1.  $\frac{S^2}{n_1} = \frac{\sum (X-M)^2}{n_1(n_1-1)}$
2.  $t = \frac{M(\sqrt{n_1})}{S}$
3.  $n = n_1 - 1$   $n_1 = n + 1$

$M = \frac{\sum (x)}{n_1}$  差數平均數

$X = A, B$  兩品種產量相較之等次差數

$S^2 =$  各差數平方之總和

$S =$  標準差數

舉例如下

年 數	品種 A	品種 B	$X=(A-B)$	$X-M$	$(X-M)^2$
1912	71.0	54.7	16.3	9	81
1913	73.9	60.5	13.4	6.1	37.21
1914	48.9	45.1	3.8	-3.5	12.25
1915	78.5	71.0	7.5	.2	.04
1916	43.9	40.9	3.0	-4.3	18.49
1917	47.0	45.4	1.6	-5.7	32.49
1918	63.0	53.4	9.6	2.3	5.29
1919	48.4	41.2	7.2	-.1	.01
1920	48.1	44.8	3.3	-4.0	16
	$n_1=9$		9   65.7		202.78 = $\sum (X-M)^2$
			7.3 = M		

$$\frac{S^2}{n_1} = \frac{202.78}{9(9-1)} = \frac{202.78}{72} = 2.8163$$

$$S^2 = 2.8163 \times 9 = 25.3467$$

$$S = \sqrt{25.3467} = 5.034$$

$$t = \frac{7.3 \times \sqrt{9}}{5.034} = \frac{21.9}{5.034} = 4.35$$

查  $t$  表

$$n = n_1 - 1 = 9 - 1 = 8 \quad P = .01 \quad \text{則 } t = 3.355$$

今  $t = 4.35$  大於 3.355 即其偶差大於 100:1 也, 故頗為顯著。

第二法

$$1. \quad S^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) = \frac{[(n_1 - 1) + (n_2 - 1) + 2]}{n_1 n_2 [(n_1 - 1) + (n_2 - 1)]} \left\{ \Sigma(X_1 - M_1)^2 + \right.$$

$$\left. \Sigma(X_2 - M_2)^2 \right\}$$

$$2. \quad t = \frac{M_1 - M_2}{S} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1) + 2}}$$

$$3. \quad n = (n_1 - 1) + (n_2 - 1)$$

$X_1$ .....A 品種之產量

$X_2$ .....B 品種之產量

$n_1 n_2$ .....年數

$M_1$ .....A 品種平均數

$M_2$ .....B 品種平均數

$X_1$	$X_2$	$X_1 - M_1$	$X_2 - M_2$	$(X_1 - M_1)^2$	$(X_2 - M_2)^2$
29.3	20.4	- 1.7	- 1.4	2.89	1.96
21.3	20.2	- 9.7	- 1.6	94.09	2.56
30.7	20.1	- 0.3	- 1.7	0.09	2.89
30.2	23.4	- 0.8	1.6	0.64	2.56
36.4	23.7	5.4	1.9	29.16	3.61
37.4	19.3	6.4	- 2.5	40.96	6.25
35.6	25.1	4.6	3.3	21.16	10.89
27.8	18.7	- 3.2	- 3.1	10.24	9.61
24.7	17.4	- 6.3	- 4.4	39.69	19.39
36.3	29.6	5.3	7.8	28.09	60.84
309.9	217.9			267.01	120.53
$\Sigma(X_1)$	$\Sigma(X_2)$			$\Sigma(X_1 - M_1)^2$	$\Sigma(X_2 - M_2)^2$

$n_1, n_2 = 10$  測定個體數

$$M_1 = \frac{309.7}{10} = 31.0$$

$$M_2 = \frac{217.9}{10} = 21.8$$

$$S^2 = \left( \frac{1}{10} + \frac{1}{10} \right) = \frac{9+9+2}{10 \times 10 \times 18} (267.01 + 120.53)$$

$$= \frac{20}{1800} \times 387.54 = 0.0111 \times 387.54 = 4.3017$$

$$S^2(0.1 + 0.1) = 4.3017$$

$$\therefore S\sqrt{0.1+0.1} = \sqrt{4.3017}$$

$$\therefore S = \frac{\sqrt{4.3017}}{\sqrt{.2}} = \frac{2.0741}{.4472} = 4.638$$

$$t = \frac{31.0 - 21.8}{4.638} \sqrt{\frac{10 \times 10}{9 + 9 + 2}} = \frac{9.2}{4.638} \sqrt{5} = \frac{9.2}{4.638} \times 2.2361$$

$$= 1.9836 \times 2.2361 = 4.4355$$

$$n = 9 + 9 = 18$$

查非舌氏  $t$  表  $n = 18$   $P = 0.1$  則  $t = 2.878$

今  $t = 4.4355$  大於 2.878 故結果兩者差異亦頗顯著

(五) 吳德<sup>(1)</sup>與色脫拉同<sup>(2)</sup> = 氏法：此法與學生法甚相似，亦須將二品種產量排列，兩兩比照；不用標準區，所謂以配偶法求或差也。

假設比較數個品種，每個重複四次；每個品種計算法先鑒定第一區與第二區之平均產量，次鑒定第三區與第四區之平均產量；再計算每對各區產量之偏差及其平均，平均偏差均以百分計。後用試驗中對數  $n$  除百分偏差之和數，所得之商，用各區平均產量數乘之，再以 100 除之，即得每區產量之或差。

茲舉一例最適用於此法：

品種	試驗區	產量	每對平均產量	每對產量之偏差及其平均	平均偏差百分數
18號	a	69 公 斤	70.5	1.5	2.1
	b	72			
	c	71	73.0	2.0	2.7
	d	75			
總數		287		3.5	4.8

註 (1) Wood (2) Stratton



平均 71.8 1.8 2.4

$$\text{每區或差} = \frac{71.8 \times 2.4}{100} = 1.72$$

此公式適用於多數品種之比較試驗，或經過多年，或僅一年均可，尤適用於差異懸殊之土地。

海斯與佳洛貝(1)二氏利用上項公式計算比較品種之去留，法用 3 乘由吳德公式得來之每區或差，再以試驗數之方根除之：

$$\frac{1.72}{\sqrt{4}} \times 3 = 2.6 \text{ 公斤}$$

後用此數與一年中最高產量數或數年試驗所得最高產量數相減，再與各品種比較，凡產量較少者一律除去。

但在米內叟他試驗場又主張將吳色二氏方法稍加改變，法將平均偏差百分數在未被對數除之前化為平方，再除以對數求其方根，而後照前法乘除。

	平均偏差百分數	偏差平方	
	2.1	4.4	$\sqrt{5.9} = 2.4 \text{ 公斤}$
	2.7	7.3	
總數	4.8	11.7	$\frac{2.4}{\sqrt{4}} \times 3 = 3.6 \text{ 公斤}$
平均	2.4	5.9	

(六) 理論標準行計算法：歐洲用分區播種法，設立標準區比較計算，美國用桿行播種法，故設標準行比較計算，其理則一，標準區之設置前已論及，茲略述標準行之理論計算法。

註 (1) Garber

例如有一試驗，每品種重複 10 行，每 5 行一標準行。現計算每品種之 10 行平均產量，用柏斯爾法計算或差，計算 10 標準行每組平均產量，計算標準行平均百分或差，再將此或差應用於理論標準行上。此種理論均是假設兩標準行間土質之差異，為有規則分度，因之兩標準行間產量之增加或減少，亦有一定次序，漸增或漸減。

例如：第一標準行產量：24.4  
 第二標準行產量：21.4  
 在此二標準行間有 4  
 個品種比較

$$\left. \begin{array}{l} \text{第一標準行產量：} 24.4 \\ \text{第二標準行產量：} 21.4 \\ \text{在此二標準行間有 } 4 \\ \text{個品種比較} \end{array} \right\} \frac{24.4 - 21.4}{5} = \frac{3.3}{5} = 0.66$$

故第一真實標準行：24.4

4 個理論連續標準行：23.7 → 23.1 → 22.4 → 21.8

第二真實標準行：21.1

則各標準行平均或差為 4.7%

再將此或差應用於各理論標準行上：

$$23.7 \times 4.7\% = 1.11 \quad \text{即} \quad 23.7 \pm 1.11$$

$$23.1 \times 4.7\% = 1.09 \quad 23.1 \pm 1.09$$

$$22.4 \times 4.7\% = 1.05 \quad 22.4 \pm 1.05$$

$$21.8 \times 4.7\% = 1.02 \quad 21.8 \pm 1.02$$

各品種之真實標準行產量及理論標準行產量之差異（增或減），可由前述差異或差（一名或差較）之公式推算之。

$$P. E. d = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

再將康乃爾大學植物改良場一個產量分析（10 行）節錄於后：

品種或品系	重複 10 次之每英畝產量 (英斗計)									
	標準行	25.9	19.5	28.0	19.9	20.0	21.0	31.8	18.2	25.4
Fulcaster	25.9	23.0	27.3	28.2	35.2	27.2	37.2	22.0	26.0	38.8
選本133-115	31.1	24.5	30.2	29.1	35.8	30.0	43.1	28.0	29.7	46.3
選本133-114	20.2	15.5	27.3	26.1	35.5	36.3	30.4	25.7	20.0	33.7
選本133-229	29.3	21.3	30.7	30.2	36.4	37.4	35.6	27.8	24.7	36.3
標準行	19.0	20.4	18.1	24.3	24.6	18.9	23.6	18.6	15.4	28.3

品種或品系	每英畝平均產量	理論標準行	增或減
標準行	24.4		
Fulcaster	29.1±1.26	23.7±1.11	5.4±1.68
選本133-115	32.8±1.47	23.1±1.09	9.7±1.83
選選133-114	72.1±1.50	22.4±1.85	4.7±1.33
選本133-229	31.0±1.16	21.8±1.02	9.2±1.54
標準行	21.1		

由上項演算之結果，無增亦無減，原有之差異是真實的，非試驗上偶誤。

(七) 洛每氏法 據洛每氏意見，上述比較試驗產量之計算公式。

$$\left( \pm 0.6745 \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}}, \pm 0.6745 \sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}} \right)$$

僅有一半準確；因用 0.6745 恆數乘出更複雜之數，殊難判斷也。

渠以為計算宜用標準偏差公式為標準或差公式，僅改其中  $n$  為

$n-1$ ，即  $x = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}}$ ，因所得之偏差以百分計即為平均誤差

$$\left( \frac{x}{\sqrt{n}} \text{ 或 } \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n(n-1)}} \right),$$

洛每氏又主張用更適宜更簡單之方法，計算平均平均誤差

$$\frac{\Sigma d}{(n-1)\sqrt{n}}$$

快而且易，其中 $\sqrt{n}$ 是解化各區之重複次數，可用現成之數字<sup>(1)</sup>

若用上述計算誤差之四種主要公式，推算最前試驗結果如后：

柏斯爾： 平均或差 = 0.51

彼得： 平均或差 = 0.59

$\frac{x}{\sqrt{n}}$  即 平均誤差 0.70

平均平均誤差： 0.75

至計算差異誤差洛每氏亦有最簡易之公式：

$$\frac{E_1 + E_2}{2} \text{ 即爲二者誤差之平均數。}$$

例如：品種 A：4.5 公斤  $\pm$  0.6 品種 B：3.8 公斤  $\pm$  0.4

$$\text{差異：} A - B: 0.7 \text{ 公斤} \pm \frac{0.6 + 0.4}{2} = 0.7 \text{ 公斤} \pm 0.5 \text{ 公斤}$$

凡二品種產量之差異，據上面計算小於或差兩倍，洛每氏視爲無價值之數值。

註 (1)  $\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\sqrt{4} = 2$ ,  $\sqrt{5} = 2.24$ ,

$\sqrt{6} = 2.45$ ,  $\sqrt{7} = 2.65$ ,  $\sqrt{8} = 2.83$ ,  $\sqrt{9} = 3$ ,

$\sqrt{10} = 3.16$ .

## 關於產量比較試驗及田間統計參考書

## (最近出版者)

1. Arny, A. C., 1922, Border effect and ways of avoiding it. (邊緣之影響及其避免之方法)  
(載在 Journ. of the Amer. Soc. of Agronomy, 14, 7, 1922,)
2. Arny, A. C. et Hayes H. K., 1918, Experiments in field technic in plot tests. (田間分區試驗之技術試驗)  
(Journ. of Agricult. Research, 15, 4, 1914,)
3. Bœuf F. 1927, Elements de biologie et de genetique appliqués à l'amélioration des plantes cultivées. (作物改良上應用之育種學及生物學)  
(Tunis, 1927.)
4. Davenport, C. B., Statistical methods, with special reference to biological variation.  
New-York, Wiley, London, 1904.
5. De Bruyker, C., De statistische methode in de plantkunde.  
Gand, Siffer. 1910.
6. Fisher, R. A., Statistical methods for research workers. (研究工作之統計方法)  
Londres, 1925.
7. Gregoire Ach, 1912, Les recherches agronomiques et l'interpretation de leurs resultats. (農學試驗之研究及其結果之說明)  
(Annales de Gembloux, Belgique.)
8. Hayes, H. K., 1928, Controlling experimental error in nursery trials.  
(區行試驗誤差之檢計)  
(Journ. of the Amer. Soc. of Agronomy 15. 1933, 5)
9. Hayes, H. K. et Arny A. C., 1917, Experiments in field technic in rod

- row test. (用分行法試驗田間技術)  
(Journ. of Agricult. Research, 11, 9, 1917,)
10. Hayes, H. K. et Garber R. J., Part I, Technic and result with wheat and oats (大麥與小麥試驗報告)  
(The University of Minnesota Agricult. Experiment station, Bull, 184, 1919)
11. Hayes et Immer, A study of probable error methods in field experiments (田間試驗或差方法之研究)  
(Scientific Agriculture, 8, 6, 1928)
12. Johannsen, W., Elemente der exakten erblichkeitslehre.  
Iena, Fischer, 1913
13. Kiesselbach, T.A., 1918, Studies concerning the élimination of experimental error in comparative crop tests. (減除比較試驗中差誤之研究)  
(Nebraska Agricult. Experiment Station Research, Bull. 13, 1918)
14. Kostecki, 1927, Sur les modes d'ensemencement des champs comparatifs, avec les varietes de cereales. (穀類作物在田間播種之比較試驗)  
(Bull. de l'Assoc. internat. des selectionneurs, I, 1, Paris, 1927)
15. Krantz, F. A., Further studies in field plot technic in potato yield tests. (馬鈴薯產量對比試驗之技術新研究)  
(Annual Meeting of the Potato Assoc. of America)
16. Love, H. H., 1922, The application of probable error to agricultural experimentation. (或差學說在農業試驗上之應用洛夫著)  
(Proc. of the 38th Annual Convention of the Assoc. of Land-Grant Colleges, 1922)
17. Love, H. H., 1923, The importance of the probable error concept in the interpretation of experimental results, (或差學說在解釋試驗結果上之重要洛夫著)  
(Journ. of the Amer. Soc. of Agronomy, 15, 1923.)

18. Love, H.H., 1924, A modification of Student's table for use in interpreting experimental results. (應用學生表解釋試驗結果之改變洛夫著) (出版同上)
19. Love, H.H., 1924, The role of statistics in agronomic experimentation. (在農業試驗上生物統計學之功用洛夫著) (Scientific Agriculture, 5, 3, 1924)
20. Love, H.H. et Brunson, A.M., 1924, Student's method for interpreting paired experiments, (解釋對比試驗與學生法, 洛夫與卜汝森著) (Journ. of the Amer. Soc. of Agronomy, 16, 1, 1924)
21. Love, H.H. et Craig, W.T., 1924. Methods now in use in cereal breeding and testing at the Cornell Agricultural Experiment Station. (現今康奈爾大學農場試驗改良穀類作物之方法) (出版同上 16, 1924)
22. Myers, C. H. et Perry F. R. 1923, Analysis and interpretation of data obtained in comparative tests of potatoes. (馬鈴薯比較試驗之檢查與解釋) (出版同上 15, 6, 1923)
23. Pearson, K., The Grammar of science. (科學方法) 1900, Londres.
24. Roemer, T. H., 1925, Der Feldversuch. Eine kritische Studie auf naturwissenschaftlich-mathematischer Grundlage. (用科學與數學批評研究) (Arbeiten der D. L. G., 302, Berlin, P. Parey, 1925)
25. Roemer, T.H., 1928, Leistungsprüfungen. (產量比較試驗) (Bull. de l'assoc. internat. des selectionneurs, I, 4. 1928)
26. Scharnagel, 1924, Zur technik der Stammes- und Sortenprüfung in Zucht-wirtschaften und Versuchstationen. (育種場與試驗場品種分行試驗之技術分配) (Mitteil d., D. L. G. 39, 1924.)
27. Swederski W. 1927, Bibliographie de l' experimentation agricole polonaise. (波蘭農業試驗場之出版物) (Varsovie et Lwow, 3036 titres, 1927)

28. Wood et Stratton, 1910, The interpretation of experimental results.  
(試驗結果之報告)  
(Journ. of Agricult. Science, 3, 1910)
29. Zaleski, 1928, Liste des publications polonaises les plus importantes,  
relatives à l' experimentation agricole (關於農業試驗之重要波蘭出版)  
(Bull. de l'assoc. internat. des selectionneurs, I, 3, 1928).
30. Richey, 1924, Adjusting yields to their regression on a moving average  
as a means of correcting for soil heterogeneity. (用活動法則校正產量  
受不同土質之影響所生差異)  
(Journ. of Agric. Research, 27, 1924)
- 31 Richey, 1926, The moving average as a basis for measuring correlated  
variation in agronomic experiments. (在農場試驗上, 測計相關形質之根  
本法則) (出版同上 32, 1926)
32. 汪厥明 農場試驗誤差及其估計理論, 北平大學農學院 1934.
33. 汪厥明等 雷起氏法與費歇氏法之稻作實地比較試驗, 中華農學會報, 第 145 期  
1936.



## 第六章 美國稈行試驗法<sup>(1)</sup>

美國農學家因見土質差異影響於產量頗大，乃拋棄分區播種法，改用單行播種制，重複二次至十次，計算產量比較其優劣。但此法需要田地面積，人力與時間均較多。茲將洛夫先生在中國歷年來演講之方法，<sup>(2)</sup>摘錄於後：

### (甲) 穗行試驗

穗行在播種前，須將計劃書先行擬定，註明種子之來源，每地選種之號數，及行號，復按其成熟期之早晚，依次排列。種子袋最好用黃色及白色紙袋兩種，分別盛裝單穗行及標準行品種，照下列計劃書排列之。

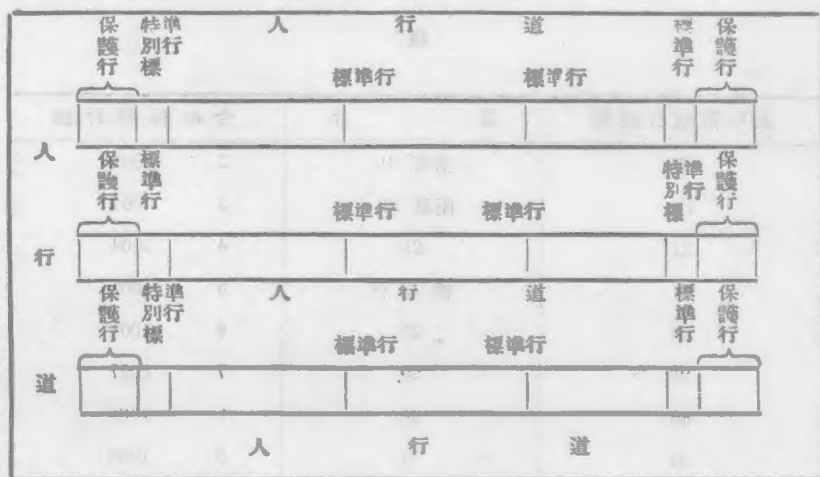
註 (1) 播種行之長度為 16 英尺等於稈之長度，故名稈行，凡每品系播種  $x$  行者名  $x$  稈行。按稈為美國一種度量衡單位名，而行長所以定為 16 英尺或 12 市尺者，因其因數為 1，每行播種量行長 16 英尺者 15 克種子，12 市尺者 12 克種子，均為便於計算。

(2) 參看洛夫氏中國水稻育種法(Directions for rice improvement in China.)

浙江省稻麥改良場印，作物育種學 湖南省棉業試驗場印

種子來源	種植行號
標準行	0
南京 1	1
南京 2	2
南京 3	3
南京 4	4
南京 5	5
南京 6	6
南京 7	7
南京 8	8
南京 9	9
標準行	10
杭州 1	11
杭州 2	12

種植時先用劃行器開行，行寬一市尺，行長依種子粒數多寡而不同，種子 25 粒，30 粒，40 粒均長三市尺，若 50 粒可改為五市尺。兩端各留寬一尺半，或二尺，為人行道。每種播種一行。每逢十之數均置標準行。各排之標準行如能在一直線上，觀察時較為便利。更於首端保護行之後，應種一特別標準行，不列行號。次排之首端亦增設保護行及特別標準行。然後廣續前排之號數，依次排列。為便利計行號之排列，大抵第一排由左至右，第二排由右至左，第三排由左至右。標準行及特別標準行，皆以本地優良種充之。



(乙) 二桿行試驗

第一年選取之單穗，各稱種子 15 克，分種二行，行長 12 市尺，寬一市尺。編號時亦從一號起，於逢五逢十之數，各定為標準行，即每間四行，設一標準行。如最後不滿四行，須另增品種補足或捨棄之。標準行之種子，應與第一年同，以後不能更換。下年五桿行，須標準種子甚多，可預設一標準種子區，成熟時嚴行去劣，以備應用。計劃書與單穗行不同者，即應增加平均產量，理論標準，產量比較三欄。今假定二桿行共選 400 品系，故  $400 \times 2 = 800$  行，另加 200 行標準行，總數為  $800 + 200 = 1000$  行。

去年種植行號數	品 系	今年種植行號
	標準行	0
7	南京 7	1 1001

(續)

去年種植行號數	品系	今年種植行號
9	南京 9	2 1002
11	南京 11	3 1003
21	21	4 1004
	標準行	5 1005
23	23	6 1006
29	29	7 1007
46	46	8 1008
51	51	9 1009
	標準行	10 1010
52	52	11 1011
53	53	12 1012
54	54	13 1013
58	58	14 1014
	標準行	15 1015
	⋮	⋮
	標準行	500 1500

### 二桿行計算法

1. 求每品系產量之平均數
2. 求最近兩標準行之平均產量數
3. 求推算標準行產量數
4. 推算標準行產量與平均產量比較

茲列表並舉例說明如下

去年 種植 行號	品種 或 品系	種植行號		總 數	平 均 數	推算標準行產量		產量增減比較	
		區 別				即最近兩標 準行產量之 平均數	用分 級法 算得	由標 準行 平均	由等 級法 算得
		1	2						
7	7	0 350	340	690	345	355	349	11	17
		1 392	3001 340	732	366				
9	9	2 314	3002 330	674	337	355	353	-18	-16
12	11	3 408	3003 414	822	411	355	357	56	54
23	21	4 370	3004 324	694	347	355	361	- 8	14
36	33	5 360	3005 370	730	365	362.5	364	42.5	41
		6 420	3006 390	810	405				
43	39	7 408	3007 380	788	394	362.5	363	31.5	31

推算標準行產量之求法——等級法

照上表

第二標準行之平均產量 = 365 克

第一標準行之平均產量 = 345 克

第二標準行與第一標準行相較 = 20 克

$20 \div 5 = 4$  土壤肥力之每行遞增數

則第一行之推算標準行產量  $345 + 4 = 349$

第二行之推算標準行產量  $349 + 4 = 353$

第三行之推算標準行產量  $353 + 4 = 357$

第四行之推算標準行產量  $357 + 4 = 361$

品系 7 之平均產量，與推算標準行產量相較多 17 克。以下照此推算比較之。育種者再自定一標準，超過此標準者方能入選。

### (丙) 五桿行試驗

第二年二桿行收穫時選取之品系，各秤五袋，分種五行，即每種重複四次，其手續及注意之事項，大致與二桿行同。今有品系 160 系，則  $160 \times 5 = 800$ ，另加標準行  $(160 \div 4) \times 5 = 200$ ，總數共 1000 行。

去年種植行號	品種或品系	種 植 行 號 數				
	標準行	0				
4	南京 11	1	201	401	601	801
10	南京 33	2	202	402	602	802
16	無錫 9	3	203	403	603	803
33	無錫 45	4	204	404	604	804
	標準	5	205	405	605	805
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
		200	400	600	800	1000

五桿行試驗以前，皆給以臨時號數，即二桿行以穗行田間號數，作為品種號數，五桿行則以二桿行之田間號數，作為品種號數。五桿行收穫後，再給以永久號數，較為便利。其編號法，先用一數目字，代表採得之地名，第二數目字代表由該地選得之號數，例如南京被選者三系，鎮江被選者二系，以 1 字代表南京，以 2 字表鎮江，則由南京採得之系統為 1-1, 1-2, 1-3, ……。由鎮江採得之系統為 2-1, 2-2, 2-3, ……。

#### 五桿行產量計算法

A. 與二桿行相同者。

1. 求每品系五行之平均產量。
2. 求每一組標準行五行之平均產量。
3. 用等級法求推算標準行產量。
4. 求比較產量。

B. 與二桿行不同者

1. 求各組標準行產量之  $P.E.m$  即平均或差之平均百分率 =  $X$
2. 求  $2X$  乘品系五行平均產量。

求  $X$  法 用柏斯爾氏公式，求標準行之五行  $P.E.m$  (平均或差)

$$P.E.m = \pm .6745 \sqrt{\frac{D^2}{N(N-1)}}$$

$m$  = 標準行平均       $D$  = 品系與平均數之相差

$N$  = 行數      .6745 = 恆數

茲舉例如下 第一組標準行之五行平均產量。

	$D$	$D^2$	
359	28	784	$P.E.m = \pm .6745 \sqrt{\frac{10486}{5(5-1)}}$ $= .6745 \sqrt{\frac{10468}{20}}$ $= \pm .6745 \times 22.90$ $= \pm 15.45$
405	74	5476	
282	-49	2401	
319	-12	144	
290	-41	1681	
5   1655		10486	$= \pm 15.45$
331 = 平均數			$\therefore P.E.m = \pm 15.45$

求  $P.E.m$  之平均百分率 =  $X$

	產量	$P.E.m$
第一標準行	331	15.45
第二標準行	335	16.37
第三標準行	350	13.17
第四標準行	324	14.32
	4   1340	4   59.31
	335	14.82

$$\frac{14.82}{335} = 4.43\%$$

$$\therefore P.E.m\% = 4.43\%$$

$$2X = 4.43\% \times 2 = 8.86\%$$

品系 264 之五行平均產量 = 359

$$\frac{2X = 8.86}{2X \times \text{平均產量} = 31.81}$$

品系平均產量超過推算標準行產量 31.81克，則為入選。今品系 264 祇超過 27.2克，小於 31.81克，故為落選。如此以  $2X$  逐一與平均產量相乘比較之。

水稻五桿行試驗種植計劃書

附產量記錄及計算結果



去年行數	種類或品 來號數	行			號		平均 產量 ±P.E.m (4.67%)	估計標準	產量比較	2X(3)× 平均產量	3X'×平 均產量
		405	282	819	290						
901	CK(1) 264	9C1	1021	1081	1141	331±15.45 (4.67%)	331.8	27.3	31.81	50.24	
		371	304	358	359						
		398	1022	1082	1142						
		903	962	1023	1083	378					
905	271	382	899	254	331	333.4	334.2	56.8, ✓	34.64	51.96	
		904	964	1024	1084	391					
		373	432	391	340	385±16.37 (4.89%)					
		905	565	1025	1085	346					
914	273	330	421	290	346	338	344	42, ✓	33.67	50.50	
		906	966	1026	1086	380					
		380	402	345	398	320					
		907	967	1027	1087	379					
918	276	361	343	328	271	347	347	35, ✓	33.58	50.37	
		908	968	1028	1088	328					
		363	413	342	399	350±18.17 (8.76%)					
		909	969	1029	1089	296					
924	343	340	391	273	347	344	344	-19	30.57	49.70	
		910	970	1030	1090	374					
		360	401	315	378	389					
		911	971	1031	1091	301					
931	351	230	381	400	343	344.8	359.6	34.4, ✓	33.14	51.70	
		912	972	1032	1092	374					
		363	360	352	391	329.2					
		913	973	1033	1093	1155					
936	359	430	412	399	362	345	344.8	.2	30.57	49.70	
		914	974	1034	1094	374					
		237	230	308	341	389					
		915	675	1035	1095	301					
939	364	915	675	1035	1095	329.2	329.2	-28.2	34.46	51.70	
		916	676	1036	1096	341					
		917	677	1037	1097	341					
		918	678	1038	1098	341					

註 (1) CK=標準行 (2) ✓=當選行 (3) 2x=各組標準行產量之平均或差之平均百分率之二倍

## (丁) 十桿行試驗法

五桿行選取之優良品系，下年充作十桿行試驗之用，每系重複九次，共計十行。在作計劃書前，將品種加標準行數而配為五之倍數，否則可在五桿行內再選優良品系補充，或將餘數退入五桿行亦可。又作計劃書時，每次重複之第一品種行號，為便於檢查起見，最後一字須為 1，如 1001, 2001, 3001……今共選品系 64，則總行數為  $(64 \div 4 + 64) \times 10 = 800$  行。

品 系	行 號									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CK	0									
1-82	1	81	161	241	321	401	481	561	641	721
1-83	2	82	162	242	322	402	482	562	642	722
1-84	3	83	163	243	323	403	483	563	643	723
1-90	4	84	164	244	324	404	484	564	644	724
CK	5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2-4	6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2-6	7	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2-8	8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2-11	9	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2-20	10	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	11	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4-73	80	160	240	320	400	480	560	640	720	800

## 十桿行計算法

## A. 與五桿行相同者

(1) 求每品系十行 (每組) 之平均產量

(2) 用等級法求推算標準行產量

(3) 求產量比較

(4) 求每十行標準行之平均  $P.E.m.\%$

(5) 求  $X =$  各組之  $P.E.m.\%$  之和除以組數

B. 與五桿行不同者

1. 求  $X' = X\sqrt{2}$  ( $=P.E.md =$  兩平均數偶差之相差)

2. 求  $3X'$  (見插表)

照插表  $P.E.m.\%$

第一組  $\equiv 4.57\%$

第二組  $\equiv 3.68\%$

第三組  $\equiv 4.60\%$

第四組  $\equiv 5.17\%$

$$4 \left| \begin{array}{r} 18.02 \\ \hline \end{array} \right.$$

4.50% 各組  $P.E.m.\%$  之平均數  $= X$

$$X' = X\sqrt{2}$$

$$= 4.50 \times 1.41 = 6.345\%$$

$$3X' = 3 \times 6.345 = 19.03\%$$

品系 1-87 之平均產量  $\equiv 394$

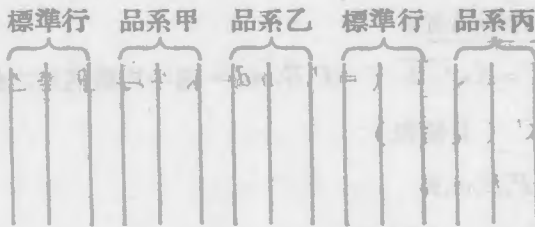
$$3X' \equiv 19.03\%$$

$$3X' \times \text{平均產量} \equiv 74.98$$

再以 74.98 與產量比較相較, 若產量比較大於 74.98 則入選。

## (戊) 高級試驗

十桿行試驗一年之後，產量特豐性狀特優之品系則升入高級試驗，再決定其優劣，高級試驗與十桿行不同者，即每品系連種三行為一小區，重複四次到九次，每隔二區種標準行一區，區亦三行，開始種植時即先種標準三行。其排列法如下：



高級試驗產量計算法與十桿行大致相同，惟平均時每組以 30 行平均。求  $3X'$  乘品系平均產量之方法雖與十桿行同，但為易於明瞭起見，重新舉列於下：

$$X' = P.E. mid = X \sqrt{2} \quad \text{假定 } X = 4\% \quad \text{則 } X' = 4\sqrt{2} = 5.6\%$$

設每品系之平均產量為 200，則其超過標準為  $200 \times 5.6\% \times 3 = 34$  斤。

故每品系之產量，若為 200 斤時，則其推算標準行產量須在 166 斤以下，方能入選也。(參閱插表)

照插表

第一組 30 行平均產量為 302.4

$P.E.m$  為  $\pm 9.24$

$$P.E.m.\% = \frac{9.24}{302.4} = 3.06\%$$

第二組 30 行平均產量為 307

$P.E.m$  為  $\pm 7.20$

$$P.E.m.\% = \frac{7.20}{307} = 2.35\%$$

$$\text{標準行之平均} = \frac{3.06 + 2.35}{2} = 2.70\%$$

$$2.70 \times \sqrt{2} = 3.81 = X'$$

$$3X' = 3.81 \times 3 = 11.43\%$$

品系 709 之產量比較為 64.1

$$3X' \times \text{平均產量} = 368 \times 11.43\% = 42.63$$

品系 709 之產量比較為 64.1, 大於 42.63, 則品系 709 有入選資格。

經高級試驗後其入選之品種, 尚須就觀各年試驗之結果, 而後再決定留種。其審查方法係利用學生法, 由五桿行至高級試驗之產量之平均數及其或差數而比較之, 即以該品種之平均產量與其理論標準相比較之產量為標準而求其或差。舉例如下:

歷年產量	差量	偏差	(偏差) <sup>2</sup>
66.1	14.8	2.8	7.84
65.8	10.9	-1.1	1.21
52.4	10.0	-2.0	4.
57.3	9.1	-2.9	8.41
63.4	14.1	2.1	4.41
61.4	12.7	0.7	.49
	6   71.6		6   26.36
	12.0		4.393

$$\text{標準偏差} = \sqrt{\frac{\sum D^2}{n}} = \sqrt{\frac{4.393}{2}} = 2.09$$

$$Z = \frac{m}{S.D} = \frac{12}{20.9} = 5.74$$

機遇率 = 9999:1 即表示有顯著之差異。

### (己) 地方試驗

新品系經過高級試驗一二年後，選其有希望者宜在各地舉行地方試驗。(1)其方法可用高級試驗法，重複四次，同時須搜集該地內之最著名品種作標準行，以資比較。如此試驗二三年後，即取該地所試驗品系中產量最優者為推廣品種。此種推廣之品種萬不可過多。地方試驗之目的，在判斷其能否適應環境也。

### (庚) 繁殖區

繁殖區每品種約半畝，長方形，寬五尺，以便去劣，隔三區或四區用一標準，重複一次或二次，優者更入大田繁殖區，隨時去劣，以保守純潔。繁殖區收穫後，再從其中選單穗一二千，下年混種一小區，名曰特別種子區。在此小區內去劣以備第二年繁殖區之種子；第三年再從繁殖區選出一二千穗，混種於特別種子區，以備第四年繁殖區之種子。

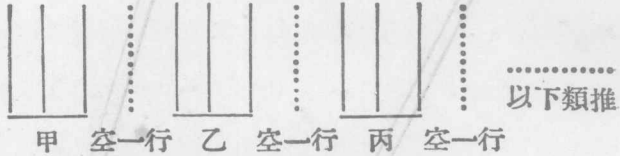


另有所謂種子行者，係在十桿行及高級試驗各品系中，均須附設種

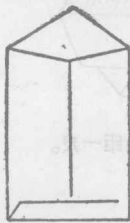
註(1) 一名區域試驗

子行，生育期間嚴行除劣，避免雜交，其數目之多寡，以能供給下年種子為標準，每系種三行，每隔三行空一行為小路，以備去劣時行走。

種子行播種圖

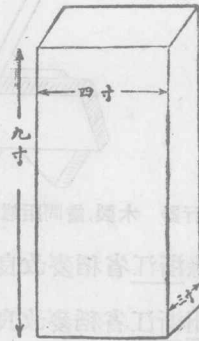


第二十九圖 桿行試驗所需數種之簡單用品



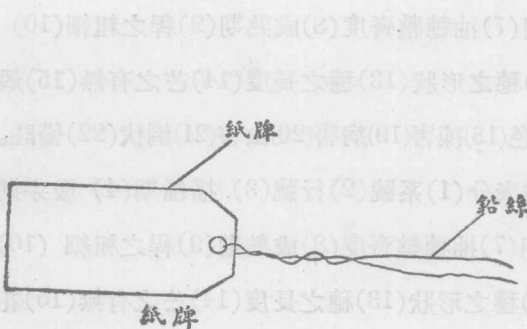
播種袋

紙袋分黃白二色  
 黃色用裝品系種籽  
 白色用裝標準行之種籽  
 大小有二種  
 大者為桿行試驗之用  
 長五寸半寬三寸  
 小者為穗行試驗之用  
 長四寸寬二寸

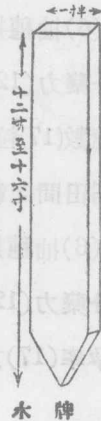


紙製  
 長四寸  
 寬三寸  
 深九寸

儲種袋

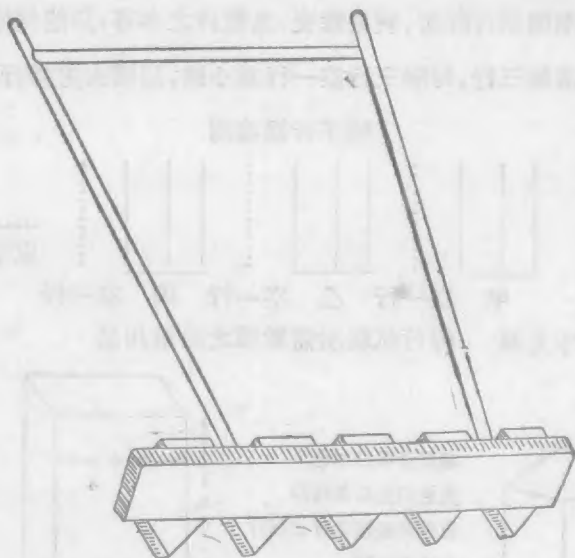


紙牌



木牌

牌用木製  
 或竹製  
 長十二寸  
 至十六寸  
 寬一寸半  
 厚半寸



劃行器 木製，齒間距離依行距而定。若行距爲一尺則齒距一尺。

### 附錄浙江省稻麥改良場田間記載表

現今杭州浙江省稻麥改良場所用水稻與小麥記載表各分 22 行

(一) 小麥田間記載表分(1)系號(2)行號(3)播種期(4)發芽期(5)發芽整齊度(6)抽穗期(7)抽穗整齊度(8)成熟期(9)稈之粗細(10)植科高度(11)分蘗力(12)穗之形狀(13)穗之長度(14)芒之有無(15)殼色(16)不孕小穗數(17)粒色(18)凍害(19)病害(20)虫害(21)倒伏(22)備註。

(二) 水稻田間記載表分(1)系號(2)行號(3)播種期(4)發芽期(5)發芽整齊度(6)抽穗期(7)抽穗整齊度(8)成熟期(9)稈之粗細(10)植科高度(11)分蘗力(12)穗之形狀(13)穗之長度(14)芒之有無(15)花苞色澤(16)不孕率(17)玄米色澤(18)腹白(19)病害(20)虫害(21)倒伏(22)備註。



## 第七章 英國分區試驗法

英國作物育種方法，與美國洛夫先生之方法，稍有不同，英國自非舌<sup>(1)</sup>氏倡變量數分析法<sup>(2)</sup>之後，田間試驗區排列，及試驗結果計算方法，與以往大不相同。因田間試驗收穫量往往受土壤肥瘠，品種遺傳性，及氣候之變遷而不同。故利用此法則可減少土壤差異，同時，可得正確之估計誤差。惟用此種統計方法，田間試驗區之佈置，須隨機排列<sup>(3)</sup>而不受固定成見之限制。茲根據 1934 年冬章適氏在中國之講演，分別摘要敘述其試驗方法如下：——

### (甲) 田間排列法

#### (一) 隨機排列

假定品種  $A, B, C, D, E$ ，五種，重複五次，共計三十小區，分為六大區排列，每大區得有  $A, B, C, D, E$ ，品種各一種，播種前預製定三十籤

(註) (1) R. A. Fisher

(2) Method of analysis of variance

(3) Randomized arrangements

(4) Wishart, 1934年該氏應中央農業實驗所之請，由英來華講演生物學統計學。

各書  $A, B, C, D, E$ ，於籤上，然後混於筒內，任意抽之，如第一次抽得  $B$ ，即書於第一區第一格內，若又得  $B$ ，則仍放入筒內再抽，（筒內常保存三十籤牌）如是第一區抽完，則第二第三等繼續分別行之，得下區列分佈圖，此圖即作為田間種植之標準。

I	B	C	A	D	E	B	D	A	C	E	IV
II	D	B	E	C	A	D	B	C	E	A	V
III	A	C	B	E	D	C	B	E	D	A	VI

另有複式隨機排列法，假定品種為  $ABCD$  四種，亦分六區排列，7, 8, 9, 10，為處理，則隨機佈置田間約如下：

I				II				III			
$B_7$	$A_7$	$C_{10}$	$C_7$	$A_9$	$B_8$	$C_9$	$A_7$	$D_{10}$	$A_8$	$B_9$	$D_8$
$A_{10}$	$B_9$	$B_8$	$A_8$	$C_{10}$	$D_9$	$B_7$	$C_8$	$A_{10}$	$C_8$	$D_7$	$B_7$
$C_8$	$D_8$	$C_9$	$D_{10}$	$B_9$	$A_{10}$	$D_7$	$C_7$	$C_7$	$D_9$	$C_{10}$	$B_{10}$
$D_9$	$A_9$	$D_7$	$B_{10}$	$D_8$	$B_{10}$	$A_8$	$D_{10}$	$A_7$	$C_9$	$A_9$	$B_8$
$A_7$	$C_8$	$B_{10}$	$A_9$	$B_7$	$C_9$	$C_{10}$	$A_8$	$C_{10}$	$D_7$	$B_9$	$A_{10}$
$D_9$	$D_7$	$C_9$	$C_{10}$	$A_8$	$B_9$	$D_7$	$C_7$	$B_7$	$A_7$	$C_9$	$D_{10}$
$B_7$	$A_{10}$	$B_8$	$D_8$	$D_9$	$A_7$	$C_8$	$B_7$	$C_8$	$A_8$	$D_9$	$B_{10}$
$C_7$	$B_9$	$D_{10}$	$A_8$	$B_8$	$D_8$	$D_{10}$	$A_{10}$	$D_8$	$B_8$	$A_9$	$C_7$
IV				V				VI			

## (2) 拉丁方 (1)

拉丁方排列，亦須任意，不可參加成見，其與隨機排列法不同者，即橫行直行之區數相等，且橫行與直行一行之內，一種處理不得重見二次，今如有處理  $A, B, C, D$ ，四種，即為  $4 \times 4$  之拉丁方，先排定下列四種方式：

A	B	C	D
B	A	D	C
C	D	B	A
D	C	A	B

A	B	C	D
B	C	D	A
C	D	A	B
D	A	B	C

A	B	C	D
B	D	A	C
C	A	D	B
D	C	B	A

A	B	C	D
B	A	D	C
C	D	A	B
D	C	B	A

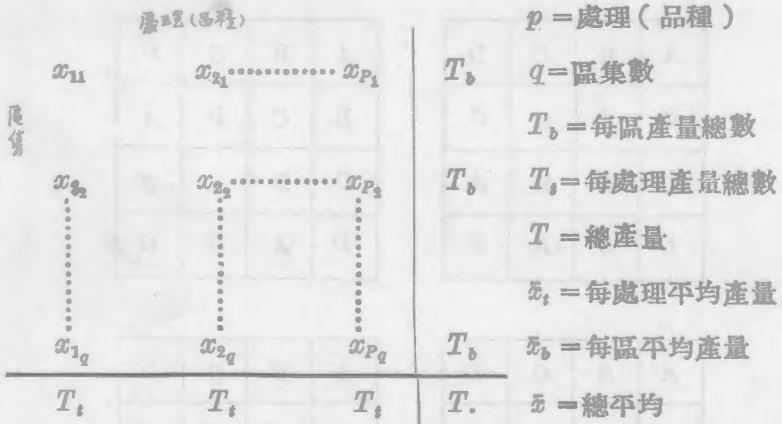
排列時，先用  $A, B, C, D$ ，在上排順次寫下，在左列亦順  $A, B, C, D$ ，之次序寫下，如此排成四個，然後將其餘方格，任意填入  $A, B, C, D$ ，使成不相同之四拉丁方。最後任意交換橫行及縱行，再就四處理中，亦任意決定  $A, B, C, D$ ，故機會數共有  $4 \times 6 \times 24 = 576$ 。若排列拉丁方時，

(註) - (1) Latin square

僅排定一種作為田間種植之標準結果殊不可靠也。此種排列方法，對於試驗之處理少量時頗為適用。

(乙) 產量計算法

(1) 隨機排列計算法



a. 處理平方和 各處理產量平方之和除以區集數，再減去改正數

(1) 即得。

$$p \sum_1^p (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = \frac{S(T_i)^2}{q} - \frac{T^2}{pq} \quad \text{自由數}(p-1)$$

b. 區集平方和 各區集產量平方之和除以處理數，再減去改正數

即得。

$$p \sum_1^q (\bar{x}_b - \bar{x})^2 = \frac{S(T_b)^2}{p} - \frac{T^2}{pq} \quad \text{自由數}(q-1)$$

(註) (1) 改正數一名校正數，為總產量之平方除以小區之總數所得之商也。

c. 總平方和 每小區產量之平方和,再減去改正數即得。

$$\sum_1^{pq} (x - \bar{x})^2 = S(x)^2 - \frac{T^2}{pq} \quad \text{自由數}(pq-1)$$

d. 誤差 (1) 平方和 即總平方和減去處理平方和與區集平方和所得之數。

$$\sum_1^{pq} (x - \bar{x})^2 - p \sum_1^q (\bar{x}_b - \bar{x})^2 - q \sum_1^p (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = S(D)^2$$

自由數  $(p-1)(q-1)$

變量分析

變異來源	自由數	平方和	平均平方和
區集	$q-1$	$p \sum_1^q (\bar{x}_b - \bar{x})^2$	$p \sum_1^q (\bar{x}_b - \bar{x})^2 / (q-1)$
處理	$p-1$	$q \sum_1^p (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$q \sum_1^p (\bar{x}_i - \bar{x})^2 / (p-1)$
差誤	$(q-1)(p-1)$	$S(D)^2$	$S(D)^2 / (q-1)(p-1)$
總	$pq-1$	$\sum_1^{pq} (x - \bar{x})^2$	

e. Z 試驗 處理所生之誤差與試驗誤差有無顯著差異,則以 Z 試驗之。

$$Z = \frac{1}{2} \log_e \frac{Vt}{Ve} \quad \begin{array}{l} Vt \dots\dots \text{處理平均平方和} \\ Ve \dots\dots \text{試驗誤差平均平方和} \end{array}$$

然後與非舌氏 Z 表中之 P (機率) 比較之。

(註) 一譯差誤英文 error 法文 erreur。

f. *t* 試驗 既處理所生之誤差與試驗誤差有顯著差異時，進一步再各處理互相比較之，比較時須求

$$\text{標準誤差 } S = \sqrt{\frac{S(D)^2}{(q-1)(p-1)}}$$

$$\text{平均標準誤差 } S_m = \frac{S}{\sqrt{q}} \text{ 既得 } S_m \text{ 之後則對於品種間比較}$$

須求  $S_D$

$$\text{差異標準差 } S_D = \frac{S}{\sqrt{q}} \times \sqrt{2}$$

求得差異標準差之後再求 *t*

$$t = \frac{M_1 - M_2}{S_D}$$

最後查 *t* 表，*n* = 自由數，即為  $(q-1)(p-1)$  顯著與否以  $p = .05$  為標準，普通相放之計算如自由數不過於小時，即以平均差異大於  $\frac{S}{\sqrt{q}}$  三倍以上時，即為顯著。

茲舉一計算實例如下

處理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	總數	平均
1	700	710	850	820	660	680	630	480	300	5630	625.5
2	650	680	630	750	680	670	560	420	390	5430	603.3
3	720	750	770	680	690	660	560	530	400	5760	640
4	620	620	750	620	540	540	590	470	440	5190	576.6
5	680	740	730	550	420	570	530	470	430	5120	598
總數	3370	3500	3730	3220	2990	3120	2870	2370	1980	27130	
平均	674	700	746	644	598	624	574	474	392		602.9

a. 總平方和  $S(x)^2 - \frac{T^2}{pq}$  自由數  $45-1=44$

490000	422500	518400	384400	462400
504100	462400	562500	384400	547600
722500	396900	592900	562500	532900
384400	562500	462400	384400	302500
435600	462400	476100	291600	176400
462400	448900	435600	291600	324900
396900	313600	313600	348100	280900
230400	174600	280900	220900	220900
90000	152800	160000	193600	184900

$$S(x)^2 = 17011300$$

$$\frac{T^2}{pq} = 16356375.5$$

$$\text{故總平方和} = 17011300 - 16356375.5 = 654924.5$$

b. 區集平方和  $\frac{S(T_b)^2}{p} - \frac{T^2}{pq}$  自由數  $5-1=4$

5630	31696900
5430	29484900
5760	33177600
5190	26936100
5120	26214400

$$9 \overline{) 147509900}$$

$$16389988.8$$

$$\frac{S(T_b)^2}{p} = 16389988.8$$

故區集平方和 = 16389988.8 - 16356375.5 = 33613.5

c. 處理平方和  $\frac{S(T_i)^2}{q} - \frac{T^2}{pq}$       自由數 9-1=8

3370	11356900
3500	12250000
3730	13912900
3220	10368400
2990	8940100
3120	9734400
2870	8236900
2370	5616900
1960	3841600

$$5 \left| \begin{array}{l} 84258100 \\ \hline 16851620 \end{array} \right.$$

$$\frac{S(T_i)^2}{q} = 16851620$$

故處理平方和 = 16851620 - 16356375.5 = 495244.5

d. 誤差平方和      自由數 4 × 8 = 32

654924.5 - 33613.5 - 495244.5 = 126066.5

變量分析

變異原因	自由數	平方和	變量數
區 集	4	33613.5	
處 理	8	495244.5	61905.558
誤 差	32	126066.5	3939.54687 = $S^2$
總 計	44	654924.5	



處理與誤差比較求  $Z$

$$Z = \frac{1}{2} \log_e \frac{61905.556}{8939.6093} = 1.376835$$

非舌氏  $Z$  表

$$\begin{array}{ll} n_1 = 8 & 0.05 = 0.409 \\ n_2 = 32 & 0.01 = 0.5773 \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right. \begin{array}{l} \\ \\ 1.376835 \end{array}$$

故因處理不同所起之變量與誤差變量有顯著之差異

$$S_m = \sqrt{\frac{3939.54687}{5}} = \sqrt{787.909374} = 28.069$$

$$S_D = 28.069 \times \sqrt{2} = 39.577$$

處理 1 平均產量 674

處理 2 平均產量 700

$$\text{則 } t = \frac{700 - 674}{39.577} = .65$$

檢  $t$  表之  $p$  值比較之 ( $p = \text{probability}$ )

$n = 32$

$t$  之分佈:

	.05.....2.042
	.01.....2.75

0.65  $\left\{ \begin{array}{l} 2.042 \\ 2.75 \end{array} \right.$

故處理 1 與處理 2 產量相差不顯著

再以處理 1 與處理 9 比較之

處理 1 平均產量 674

處理 9 平均產量 392

$$\text{則 } t = \frac{674 - 392}{39.577} = 7.12$$

$$7.12 > \frac{2.042}{2.75}$$

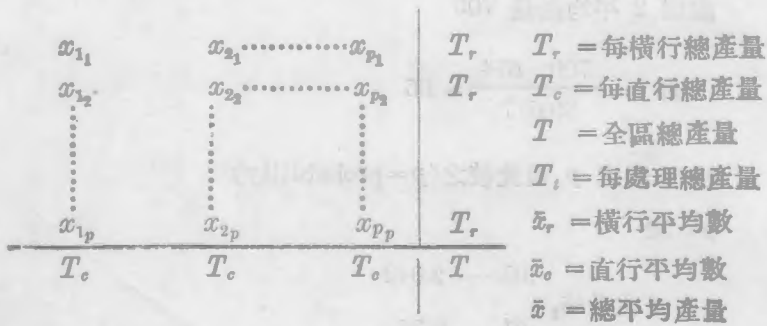
故處理 1 與處理 9 產量有顯著之差異

其他各處理亦以同樣方法比較之，茲從略。

(2) 拉丁方計算法

拉丁方計算法與前法大同小異，茲節略說明如后

今有  $P$  處理之拉丁方排列；即為  $P \times P$  之拉丁方，



a. 總平方和 各小區產量平方之和減去改正數即得。

$$\sum_1^{p^2} (x - \bar{x})^2 = \sum (x)^2 - \frac{T^2}{p^2} \quad \text{自由數}(p^2 - 1)$$

b. 橫行平方和 各橫行產量總數平方之和，除以橫行數，再減去改正數即得。

$$p \sum_1^p (\bar{x}_r - \bar{x})^2 = \frac{S(T_r)^2}{p} - \frac{T^2}{p^2} \quad \text{自由數}(p-1)$$

c. 直行平方和 各直行總數平方之和，除以直行數，再減去改正數即得。

$$p \sum_1^p (\bar{x}_c - \bar{x})^2 = \frac{S(T_c)^2}{p} - \frac{T^2}{p^2} \quad \text{自由數}(p-1)$$

d. 處理平方和 各處理總數平方之和，除以處理數，再減去改正數即得。

$$p \sum_1^p (\bar{x}_t - \bar{x})^2 = \frac{S(T_t)^2}{p} - \frac{T^2}{p^2} \quad \text{自由數}(p-1)$$

e. 誤差平方和 為總平方和減去橫行，直行，及處理之平方和所餘之平方和也。

$$\sum_1^{p^2} (x - \bar{x})^2 - p \sum_1^p (\bar{x}_r - \bar{x})^2 - p \sum_1^p (\bar{x}_c - \bar{x})^2 - p \sum_1^p (\bar{x}_t - \bar{x})^2 = S(D)^2$$

自由數 $(p-1)(p-2)$

f. Z 試驗一如隨機排列法之計算。

## 變量分析

變異來源	自由數	平方和	平均平方和
橫 行	$p-1$	$p \sum_1^p (\bar{x}_r - \bar{x})^2$	$p \sum_1^p (r_r - \bar{x})^2 / (p-1)$
直 行	$p-1$	$p \sum_1^p (\bar{x}_c - \bar{x})^2$	$p \sum_1^p (c_c - \bar{x})^2 / (p-1)$
處 理	$p-1$	$p \sum_1^p (\bar{x}_t - \bar{x})^2$	$p \sum_1^p (t_t - \bar{x})^2 / (p-1)$
誤 差	$(p-1)(p-2)$	$S(D)^2$	$S(D)^2 / (p-1)(p-2)$
總	$p^2-1$	$p^2 \sum_1^p (x - \bar{x})^2$	

茲舉實例計如下：

大麥肥料試驗，（引用非舌及韋適兩氏合著之田間試驗排列及其結果之統計歸納法書中之成例）。

		橫 行					總數	平均
直 行	$N$	$U$	$M$	$S$	$C$	-118	-22.6	
	27	-30	-24	-49	-37			
	$S$	$C$	$N$	$M$	$U$	15	3.0	
	19	-2	19	-11	-10			
	$M$	$S$	$U$	$C$	$N$	62	12.4	
41	-4	13	11	1				
$C$	$N$	$S$	$U$	$M$	45	9.0		
28	31	20	-23	-11				
$U$	$M$	$C$	$N$	$S$	91	18.2		
31	25	23	31	-19				
總數	146	20	51	-41	-76	100	—	
平均	29.2	4.0	10.2	-8.2	-15.2	—	4.0	

(每區產量皆減去假定平均數 275, 使數量變小, 易於計算)。

處理

	U	S	M	N	C
總數	-19	-33	20	109	23
平均	-3.8	-6.6	4.0	21.8	4.6
	U = 尿素(1)	M = 氯化銨	C = 氰化銨		
	S = 硫酸銨	N = 硝酸銨			

總平方和, 計算法如前, 即各小區產量平方之和, 減去改正數。

$$\frac{T^2}{p^2} = \frac{(100)^2}{25} = 400$$

橫行平方和		直行平方和		處理平方和	
-118	12769	148	21816	-19	361
15	225	20	400	-33	1089
62	3844	51	2601	20	400
45	2025	-41	1681	109	11881
91	8281	-76	5776	23	529
5)27144		5)31774		5)14290	
5428.8		6354.8		2852.0	
-400		-400.0		-400.0	
5028.8		5954.8		1452.0	

變量分析

變異來源	自由數	平方和	平均平方和	$\frac{1}{2} \log_e$
橫行	4	5028.8	1257.20	
直行	4	5954.8	1488.7	
處理	4	2452.0	613.	.9066
誤差	12	1306.4	108.87	.0426
總和	24	14742.0		

(註) Urea 一名脲

處理與誤差相較

$$Z = .9066 - .0426 = .8640$$

非舌氏 Z 表

$n_1 = 4$ $n_2 = 12$	} Z 之分佈	.05 點.....5907	}	.5907
		.01 點.....8443		.8443

故因處理所生之誤差與試驗誤差有顯著之差異。處理互相比較時，可參照前法，茲從略。

英國之分區播種法，於計算方面較之洛夫先生之方法為簡便，且以有正確之統計理論作基礎，故結果亦較為可靠。惟對於有多量處理時，則田間排列需要面積較大耳。在通常情形之下，頭二三年育種試驗可採用洛夫氏之桿行播種法，以後可採用非舌氏之拉丁方排列或隨機排列法。

另有雷起氏 (1) 倡用環列排列法，可以減小標準誤差，但據汪厥明氏等 1934 年用水稻作比較試驗之結果，以雷起氏法所求得之標準誤差，不但不純，亦未必較小，且不能解決多數品種比較試驗上之困難。(2)

(註) (1) Richey F.D.—1926,—The moving average as a basis for measuring correlated variation in agronomic experiments. Jour. Agri.Res. Vol. 32
(2) 汪厥明；雷起氏法與 <u>狄歇</u> 氏法之稻作實地比較試驗，中華農學會出版，第一四五期。

### 第三編 雜交育種

上述純改良法，是現今中國育種之初步工作，因現有之作物品種太混雜也。若依照洛夫氏稗行育種法須八、九年，依照拉士韋色氏純系選擇法亦須三、四年，方可得較良之品種繁殖。且此項優良品種存在天然界者甚少，專用分離純系方法改良植物，殊難得圓滿結果，故須繼以雜交方法創造新種。(1)

#### 第一章 蒙德爾氏雜交遺傳法則

首先有法人腦丹氏發明雜交遺傳上有兩個定律，一為第一代雜交子之形質相同，二為雜交子至第二代以後，復現其祖先之形質。至 1865 年，蒙德爾氏由用食用碗豆雜交試驗，歷時八載，益發現雜交遺傳有數種規律，名曰蒙德爾氏之雜交遺傳法則。此種法則在當時淹沒無聞，至

---

(註) (1) 參看拙作：進化論中獲得性，科學，第 13 卷，第 11 期，單細胞生物之遺傳問題，科學第 16 卷，第 9 期。遺傳學說與應用植物之改良勞動大學月刊第一卷第三期。

1900年，始為德佛禮氏等三人所識重，如是成為無價之寶，因有多數學者從事研究此問題已久，而未獲也。

蒙德爾氏遺傳法則理論精深，本書為供給讀者之簡要概念與育種方法，關於理論方面力求減縮，茲就其通則略述於下。

### 第一節 五種遺傳法則

蒙德爾氏曾取二種碗豆，一高莖，一低莖用人工交雜後，第一代雜種之莖均甚高，記載試驗時以  $P$  代表親本，即父本或母本，以  $F$  代表後代之雜種，在  $F$  右下角加 1, 2, 3, …… 代表第一代，第二代，第三代…… 例如  $F_1$  代表第一代， $F_2$  代表第二代。第一代雜交植物生長後，令其自花受精，至第二代植物則有高低二種，高者佔全數  $3/4$ ，低者佔  $1/4$ 。此代植物仍令其自花受精，至第三代植物，凡由第二代低植物所生者均屬低矮，而由高莖植物所生者，其中仍有  $3/4$  高植物， $1/4$  低植物。蒙德爾氏復用香碗豆作同樣試驗，結果亦同。由斯項精確實驗證明雜交遺傳有五項法則：

1. 顯性獨占 如將兩形質相異之植物雜交後，第一代雜種 ( $F_1$ ) 皆類似其父，或類似其母。例如上項高莖碗豆與低莖碗豆交雜後，第一代雜種皆為高莖，因高莖對低莖為顯性。
2. 隱性復原 第一代交雜種為顯性獨占，隱性因子乃隱藏於其內，至第二代 ( $F_2$ ) 始行復現，還原其祖先形態。例如上項雜交，低莖隱性因子至第二代始發現。
3. 因子分離 至第二代雜種，各個因子分離獨立，或類似其祖父，

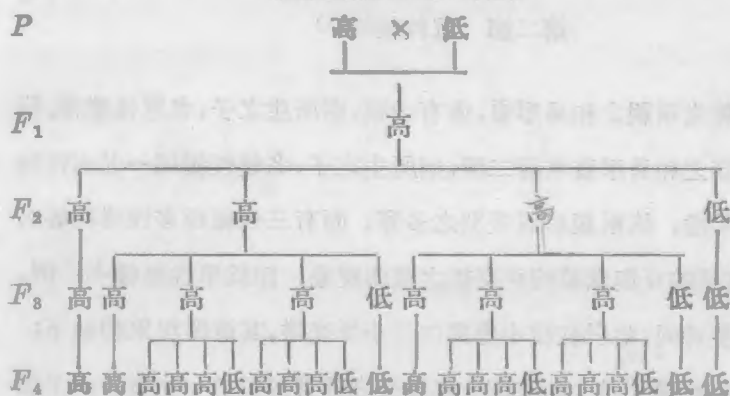


或類似其祖母，或一部分類似其祖父，另一部分類似其祖母。其數目常隨親本相異之形質繁簡而定。但總有若干同性子 (1) 久不變者，例如上項雜交，第二代雜種中四分之一低莖碗豆。

4. 顯隱比例 自第二代各個遺傳因子分離後，除同性子外，每代雜種常有 1/4 為隱性，3/4 為顯性，例如上項雜交，高莖碗豆占 3/4 低莖碗豆占 1/4。

5. 純雜比例 至第二代雜種中常有四分之一顯性純種，四分之二顯性雜種，四分之一隱性純種，例如上項雜交，高莖純種占 1/4 低莖純種占 1/4，高莖雜種占 2/4，此後除純種外，每代雜種分離現象亦復相同。

雜交遺傳分離之現象



第一代之所以有顯性獨占現象者，是因交雜時之精卵接觸後，雄細胞核與雌細胞核抱合，雄染色體與雌染色體抱合，雙方形質之因子混合而為一，隱性因子暫隱藏於其內，非消失也。第二代各個細胞核分裂為

(註) (1) Homozygote—譯同質接合子

二，而轉運因子之染色體亦隨之分裂，故有因子分離獨立之現象。

至因子分離後，純種與雜種及顯性與隱性之比例，本可用數學式演釋，更非一般之理論可比。假若用  $L$  代表上例雜交豌豆之高莖（顯性） $(R)$  代表低莖，則  $L$  與  $(R)$  交雜後，第一代  $F_1$  為

$L \times (R)$  由第一代現出顯隱性（括弧代表隱性）即可用代數式計算第二代各種因子分離之比例如下：

$$[L + (R)] \times [L + (R)] = 2L + 2L(R) + 2(R)$$

除純種外，第三，第四……代，均可照此例推。

然在事實上，雜交遺傳現象甚形複雜，試分單性雜種，雙性雜種，三性雜種及不規則蒙德爾遺傳四項略論其梗概。

## 第二節 單性雜種<sup>(1)</sup>

假使雜交兩親之相異形質，僅有一種，則所生之子，名單性雜種。假使雜交兩親之相異形質共有二種，則所生之子，名雙性雜種一名兩性雜種，由此類推，依兩親形質差別之多寡，而有三性雜種多性雜種等名稱，上項高莖豌豆與低莖豌豆交雜之遺傳現象，即為單性雜種之一例。茲再舉小麥為例，如以紅粒小麥與白粒小麥交雜，其遺傳現象約如下：

第一代雜種( $F_1$ ) 如取第一年雜交之種實播種於一小境界，至開花後細加考察，則可見新種實皆呈紅色，齊一而無例外。此種現象已在蒙德爾氏前之腦丹氏發現所謂第一代雜種形質相同是。第一代雜交之種子既盡為紅色，故紅色名為優性，一名顯性，白色種子告缺故名劣

(註) (1) Monohybride

性，一名隱性，含有紅色勝白色敗之意。

第二代雜種( $F_2$ ) 如  $F_1$  之種子播種後，至開花時，設法防除各種偶然雜交，令其自花受精，假使施行手術完善，觀察詳盡，則可見  $F_2$  之種實大非  $F_1$  之單純；在全數植物中必有 75% 或  $3/4$  紅色種實及 25% 或  $1/4$  白色種實，故第二代因子分離成 3 與 1 之比例，即紅色種粒為 3，白色種粒為 1；此即所謂單性雜交第二代之顯隱性與分離現象。

為便於解釋起見，現今生物學家均用西文字母(大寫代顯性，小寫代隱性)代替說明。

假設  $R$  為形成種粒紅色之因子，存在每個花粉及每個胚珠內， $r$  為種粒無色之因子，亦存在每個花粉及每個胚珠內；至兩性細胞混合時，紅色種子有兩個  $R$ ，白色種子有兩個  $r$ ，故在遺傳學上生展之方式，紅色種子植物為  $RR$  白色種子植物為  $rr$ 。所以第一代雜交( $P_1$ ) 是  $RR \times rr$ ，而第一代雜種( $F_1$ ) 則為  $Rr$ 。

此第一代雜種之種粒將皆呈紅色，因  $R$  (紅種粒) 勝於  $r$  (白種粒)，換言之，紅色為顯性，白色為隱性。然此種雜種實由兩個異種性細胞即由一個雄接合子  $R$  與一個雌接合子  $r$  生成，其比例永為雄接合子  $R$  佔 50%，雌接合子  $r$  佔 50%，但  $r$  為隱性隱藏於  $R$  顯性之內耳。

凡第一代雜種( $F_1$ ) 均由同等數之雄接合子與雌接合子配合生成；蒙德爾氏之遺傳定律即可用此解釋。據上例單性雜交而言，第一代雜交有四種接合子，雄接合子  $R$ ，雌接合子  $R$ ，雄接合子  $r$ ，雌接合子  $r$ ，

在此代若令每株植物自花受精，防除雜交，則可得下四種現象：

1. 雄接合子（花粉粒） $R$  與雌接合子（胚珠） $R$  遇合而成一株植物  $RR$ 。

2. 雄接合子  $R$  與雌接合子  $r$  遇合而成一株植物  $Rr$ 。

3. 雄接合子  $r$  與雌接合子  $R$  遇合而成一株植物  $rR$ 。

4. 雄接合子  $r$  與雌接合子  $r$  遇合而成一株植物  $rr$ 。

$RR$  為紅粒植物，所謂同性子是，換言之， $RR$  為一種純系植物，可永遠不變者。 $Rr$  與  $rR$  為雜種植物，所謂異性子（1）是；其種子雖呈紅色；但若令其自花受精後，後代植物仍有  $RR, Rr, rR, rr$  四種現象。至  $rr$  為白粒植物，亦是同性子，若代代自花受精，代代不變。

第一代雜種  $Rr$  之植物，含有雄接合子與雌接合子  $R$  同雄接合子與雌接合子  $r$  之數量完全相等，所以上四種因子遇合之機會亦完全相等；由此可以推定第二代  $F_2$  植物之數量，無論 100 或 500，其組合必如下：

1. 植物  $RR$  佔 25%，種粒呈紅色，並且代代不變。

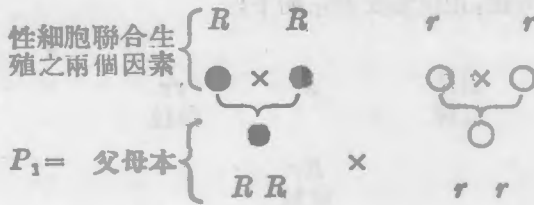
2. 植物  $Rr$  佔 25%，因紅色為顯性，故種粒亦呈紅色；但下代之變換與  $F_1$  相同。

3. 植物  $rR$  佔 25%，與前  $Rr$  現象同，

4. 植物  $rr$  佔 25%，種粒白色，不含色數因子，代代不變。

為便於明瞭起見，學者嘗用符號代表植物形質說明；假設黑點●為紅粒小麥之雌雄兩接合子，圈點○為白粒小麥之雌雄兩接合子，

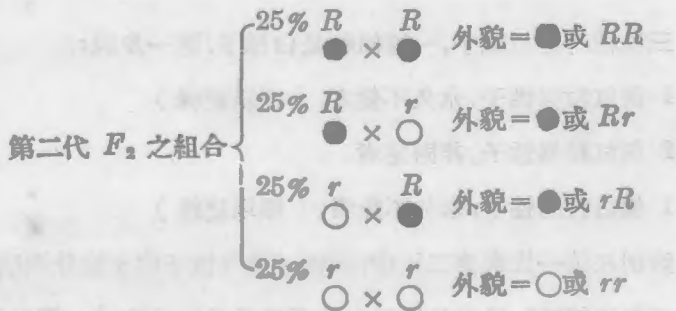
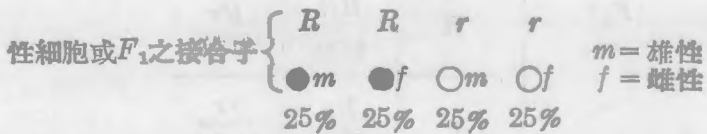
（註）（1）日本譯為異質接合子，原文 Heterozygote



$Rr$  或  $rR$

$F_1 =$  第一代

● 紅色種粒為顯性



由此而論，在第二代  $F_2$  中有 3●,1○，換言之，有三株紅粒植物，一株白粒植物；在三株紅粒植物中有一株是同性子( $RR$ )，即  $1/3$  同性子，餘二株是異性子 ( $Rr, rR$ )，即  $2/3$  異性子；至白粒植物完全是同性子，可永久不變。二代以後，每代異性紅粒植物繼續分離與  $F_1$  相同，換言之，一份紅粒同性子，二份紅粒異性子及一份白粒同性子。

另有更簡明方法，用棋盤式表示如下：

$(P_1)$	$RR$ 紅粒	×	$rr$ 白粒
$(F_1)$	× $Rr$ 紅粒		
$(F_2)$	$F_1$ 之性 細 胞	$R$	$r$
	$R$	<u><math>RR</math></u> 紅粒	<u><math>Rr</math></u> 紅粒
	$r$	<u><math>Rr</math></u> 紅粒	<u><math>rr</math></u> 白粒

三株植物是紅種子，一株植物是白種子；進一步說：

- 1 個紅粒同性子，永久不變者，（標以雙線）
- 2 個紅粒異性子，非固定者，
- 1 個白粒同性子，永久不變者。（標以雙線）

然則在第一代與第二代中，同性子與異性子均不能分別清楚，育種者如何選取純種？只有分別保存所有種子至第三代  $F_3$ 。選取凡紅粒種子之同性子  $RR, F_3$  與  $F_2$  完全相同，反之，紅粒種子之異性子 ( $Rr$  或  $rR$ ) 中，有紅粒植物亦有白粒植物，其比例常是 3 與 1。

總上觀之，復得結論如下：（與前五項法則符合）

1. 在一個形質不同之兩個植物雜交後，第一代全為顯性之表現，所謂顯性獨佔是。至第二代植物顯性佔 75%，隱性佔 25% 所謂因子

分離常有一定比例。

2. 在第二代全體植物中，顯性部份中有三分之一是純種，三分之二與第一代情形完全相同。

3. 在第二代中隱性植物常是同性子，可永久不變。

4. 在單性雜交之第二代顯性與隱性分離比例數常為 3 與 1。

5. 在改良植物實用上不可用一個性質不同之植物雜交，因其沒有機會產生新種。

關於單性雜交第一代顯性獨佔完全之現象為解釋蒙德爾遺傳學說之基礎，在農作物中例證甚多；如用無芒小麥與有芒小麥雜交，第一代盡為無芒，至第二代有芒佔一份無芒佔三份。

然第一代顯性獨佔亦有不完全者，成為兩親本之中間性；例如用一莖高小麥(LL)與一莖低小麥(II)雜交，第一代小麥之莖(LI)高度介於兩親本之間，換言之，較高親本矮較矮親本高也。第二代顯隱性分離之比例為 1LL, 2LI, 1II；而最高及最低與親本相同者是同性子，永久不變，不高不低之植物是異性子，至第三代仍分離一份最矮，二份不高不矮，一份最高。此種單性雜交正是不能用為改良植物之最好例證。

### 第三節 雙性雜種(1)

雙性雜種即是由兩對不同形質之兩親本雜交所生之子。例如用一種小麥穗呈紫色，種實呈白色，與一種小麥穗呈白色，種實呈紫色交配，假設 C 代表紫色穗，c 代表白色穗，R 代表紫色種實，r 代表白色

(註) (1) Dihybrides

種實，則雜交因子組合如下：

$$(P_1) \quad \begin{array}{c} Cr \times Cr \\ CCrr \\ \text{紫穗, 白種實} \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{c} cR \times cR \\ ccRR \\ \text{白穗, 紫種實} \end{array}$$

$$(F_1) \quad CcRr$$

紫穗, 紫種實,

其中四個性細胞爲

$$CR \quad Cr \quad cR \quad cr$$

(F<sub>2</sub>) 彼此接合可成 16 個組合如下棋盤式：

<i>F</i> <sub>1</sub> 之性細胞	<i>CR</i>	<i>Cr</i>	<i>cR</i>	<i>cr</i>
<i>CR</i>	$\frac{CCRR}{\text{紫穗紫粒}}$	$\frac{CCRr}{\text{紫穗紫粒}}$	$\frac{CcRR}{\text{紫穗紫粒}}$	$\frac{CcRr}{\text{紫穗紫粒}}$
<i>Cr</i>	$\frac{CCEr}{\text{紫穗紫粒}}$	$\frac{CCrr}{\text{紫穗白粒}}$	$\frac{CcEr}{\text{紫穗紫粒}}$	$\frac{Cerr}{\text{紫穗白粒}}$
<i>cR</i>	$\frac{CcRR}{\text{紫穗紫粒}}$	$\frac{CcRr}{\text{紫穗紫粒}}$	$\frac{ccRR}{\text{白穗紫粒}}$	$\frac{ccRr}{\text{白穗紫粒}}$
<i>cr</i>	$\frac{CcEr}{\text{紫穗紫粒}}$	$\frac{Cerr}{\text{紫穗白粒}}$	$\frac{ccEr}{\text{白穗紫粒}}$	$\frac{ccrr}{\text{白穗白粒}}$

據上表推論：

1. 顯隱性分離，可得 16 組合之比例數如下：

$$\left. \begin{array}{l} 9 \text{ 個紫穗紫種實} \\ 3 \text{ 個紫穗白種實} \\ 3 \text{ 個白穗紫種實} \\ 1 \text{ 個白穗白種實} \end{array} \right\} \frac{9:3:3:1 \text{ 之比例爲兩個性質不同之雜交遺}}{\text{傳代表,}}$$



2. 至第二代每個形質均可自由分離組合，結果仍與單性雜交 3 與 1 之比相同。若將上項紫穗白穗紫種實白種實分別計算則為

12 紫穗：4 白穗

12 紫種實：4 白種實

3. 在 16 個組合中有四個組合是同性子（同在對角線上，劃有雙線之標記），換言之，有四分之一是純系，在此四個組合中有兩個新組合，可永久不變，一為紫穗紫種實，一為白穗白種實（*CCRR* 與 *ccrr*），餘兩個為親本之還原，即一為紫穗白種實，一為白穗紫種實。

4. 在一個相反之對角線上有四個組合是異性子（劃有單線標記），若令其自花受精後，第三代與雙性雜交之第一代相同；另八個組合異性子，自花受精後，第三代與單性雜交相同。

所以育種家創造不變之新種，必須選用兩個純種，彼此不同之形質至少有二對。

#### 第四節 三性雜種 (1)

三對不同形質雜交後，因子之組合及變化與上項情形無異，方式相同；惟因子分離數，更見複雜也。並且同性子新種組合數與不同性質數成正比例增加；換言之，兩親本之異形質愈多，新種產生愈倍數增加。

例如用一種小麥紫色(*C*)密(*D*)種實紅色(*R*)與一種小麥穗白色(*c*)稀(*d*)種實白色(*r*)交配：

(註) (1) *Trihybrides* 即雜交之父母本有三個不同性質。

$$\begin{array}{l}
 \text{性細胞之因素} \\
 (P_1) \quad \underbrace{CDR \times CDR}_{CCDDRR} \times \underbrace{cdr \times cdr}_{ccddrr} \\
 \qquad \qquad \qquad \text{紫穗密穗紅種實} \qquad \qquad \qquad \text{白穗疏穗白種實} \\
 (F_2) \quad \quad \quad \text{(有色與密度爲顯性)} \quad \quad \quad CcDdRr \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{紫穗密穗紅種實}
 \end{array}$$

8 個雜種之雄性細胞爲

$CDR, CDr, CdR, Cdr, cDR, cDr, cdR, cdr.$

8 個雜種之雌性細胞與雄性相同。

( $F_2$ )由上項兩種性細胞雙雙接合,共可形成 64 種,由下棋盤式計算法,復得結論如下:

1. 在 64 個組合中,有
- 27 個穗紫,密,種實紅,
- 9 個穗紫,稀,種實紅,
- 9 個穗紫,密,種實白,
- 9 個穗白,密,種實紅,
- 3 個穗紫,稀,種實白,
- 3 個穗白,稀,種實紅,
- 3 個穗白,密,種實白,
- 1 個穗白,稀,種實白,

27:9:9:9:3:3:3:1爲三個不同形質雜交分離之代表,三個形質顯性,三個形質隱性。

下表用棋盤式方法解釋三個不同性質之分離組合現象,其中稀穗就是說穗之密度小,換言之,支穗稀少;密穗就是說密度大,支穗緊密。紅粒就是說種實呈紅色,白粒就是說種實呈白色。

<i>I</i> <sub>1</sub> 雜種 之性細胞	<i>CDE</i>	<i>CDr</i>	<i>CāB</i>	<i>Cār</i>	<i>cDE</i>	<i>cDr</i>	<i>ceE</i>	<i>cedr</i>
<i>CDE</i>	<u>CCDDrE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDDr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDDrE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDāEr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDDrE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDDr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDDrE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDDr</u> 紫穗密穗紅粒
<i>CDr</i>	<u>CCDDr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDDrr</u> 紫穗密穗白粒	<u>CCDāEr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDārr</u> 紫穗密穗白粒	<u>CCDDr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDDrr</u> 紫穗密穗白粒	<u>CCDāEr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDārr</u> 紫穗密穗白粒
<i>CāB</i>	<u>CCDāRE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDāEr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCāRE</u> 紫穗疏穗紅粒	<u>CCDāEr</u> 紫穗疏穗紅粒	<u>CCDāRE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDārr</u> 紫穗密穗白粒	<u>CCDāRE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDārr</u> 紫穗密穗白粒
<i>Cār</i>	<u>CCDāRE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDārr</u> 紫穗密穗白粒	<u>CCDāEr</u> 紫穗疏穗紅粒	<u>CCDārr</u> 紫穗疏穗白粒	<u>CCDāRE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDārr</u> 紫穗密穗白粒	<u>CCDāRE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDārr</u> 紫穗密穗白粒
<i>ceE</i>	<u>CCDDrE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDāEr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDāRE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDāEr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CCDDrE</u> 白穗密穗紅粒	<u>ccDDr</u> 白穗密穗紅粒	<u>ccDDrE</u> 白穗密穗紅粒	<u>ccDDr</u> 白穗密穗紅粒
<i>cDr</i>	<u>CcDDrE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CcDDrr</u> 紫穗密穗白粒	<u>CcDāEr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CcDārr</u> 紫穗密穗白粒	<u>CcDDrE</u> 白穗密穗紅粒	<u>ccDDr</u> 白穗密穗紅粒	<u>ccDDrE</u> 白穗密穗紅粒	<u>ccDDr</u> 白穗密穗紅粒
<i>cedE</i>	<u>CcDDrE</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CcDāEr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CcDāRE</u> 紫穗疏穗紅粒	<u>CcDāEr</u> 紫穗疏穗紅粒	<u>CcDDrE</u> 白穗密穗紅粒	<u>ccDDr</u> 白穗密穗紅粒	<u>ccDDrE</u> 白穗密穗紅粒	<u>ccDDr</u> 白穗密穗紅粒
<i>cedr</i>	<u>CcDDr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CcDDrr</u> 紫穗密穗白粒	<u>CcDāEr</u> 紫穗密穗紅粒	<u>CcDārr</u> 紫穗密穗白粒	<u>CcDDr</u> 白穗密穗紅粒	<u>ccDDr</u> 白穗密穗紅粒	<u>ccDDrE</u> 白穗密穗紅粒	<u>ccDDr</u> 白穗密穗紅粒

2. 在此 64 個組合中有 8 個同性子,而在此 8 個同性子中有 6 個新種,即不似父母本者如:(劃有雙線標記)

CCDDrr ===== 穗紫而密,種實白色,

CCddRR ===== 穗紫而稀,種實紅色,

CCddrr ===== 穗紫而稀,種實白色,

ccDDRR ===== 穗白而密,種實紅色,

ccDDrr ===== 穗白而密,種實白色,

ccddRR ===== 穗白而稀,種實紅色,

此外有 8 個異性子組合,(劃有單線標記),若令其自花受精,第三代現象與三性雜交第一代相同。24 個異性子組合自花受精第三代分離現象與雙性雜交相同,換言之,其組合比例為 9:3:3:1。另 24 個異性子組合僅有一個性質不同,至第三代分離為 3:1。

由上三個舉例觀之,凡兩個雜交親本之不同形質愈多,雜種組合之現象愈複雜,而同性子之新種亦愈增加。試觀下表:

兩同親形本實不數	第種之數 一中配代不偶雜同子	第種子最 二中組大 代配合數 雜偶之	第種子之 二中系最 代異(1) 雜性(1)數	第種子之 二中系最 代同(2) 雜性(2)數	第種子最 二中新大 代同種數 雜性之	普 爾 分 比 通 之 離 例 蒙 因 組 式 德 子 合
1	2 <sup>1</sup> =2	(2 <sup>1</sup> ) <sup>2</sup> 或 4 <sup>1</sup> =4	2 <sup>1</sup> =2	3 <sup>1</sup> =3	2 <sup>1</sup> -2=0	3:1
2	2 <sup>2</sup> =4	(2 <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> 或 4 <sup>2</sup> =16	2 <sup>2</sup> =4	3 <sup>2</sup> =9	2 <sup>2</sup> -2=2	9:3:3:1
3	2 <sup>3</sup> =8	(2 <sup>3</sup> ) <sup>2</sup> 或 4 <sup>3</sup> =64	2 <sup>3</sup> =8	3 <sup>3</sup> =27	2 <sup>3</sup> -2=6	27:9:9:3:3:3:1
4	2 <sup>4</sup> =16	(2 <sup>4</sup> ) <sup>2</sup> 或 4 <sup>4</sup> =256	2 <sup>4</sup> =16	3 <sup>4</sup> =81	2 <sup>4</sup> -2=14	81:27:27:27:27:
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	9:9:9:9:3:3:3:1
n	2 <sup>n</sup>	(2 <sup>n</sup> ) <sup>2</sup> 或 4 <sup>n</sup>	2 <sup>n</sup>	3 <sup>n</sup>	2 <sup>n</sup> -2	3 <sup>n</sup> :3 <sup>n-1</sup> :...3 <sup>n-2</sup> :...1

上表之數字是假定在顯性完全狀況之下,若在不完全顯性不可攪此為例也。

(註) (1) Phenotypes (2) Genotypes

第五節 蒙德爾遺傳之繁雜

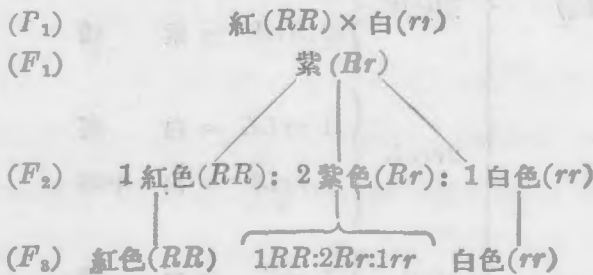
雜交後，因子之分離現象，實際上大不如上述之簡單，有時好像與蒙德爾定律相反，故懷疑派遂以為論據，其實遺傳上之學理深微，遺傳現象之複雜，除一二例外，均可用蒙德爾學說解釋也。惟此篇幅有限，僅能舉少數極有興趣之事例，而不涉及遺傳上之理論。

不規則遺傳之主要現象，乃為顯性獨佔不全，因子交互吸引或拒斥，因子交換及連鎖遺傳三者，所謂新蒙德爾定律是。茲略述於下：

第一項 顯性獨佔不全

(一) 在單性雜種 例如日本茉莉<sup>(1)</sup>

考關氏曾用一種紅花茉莉與一種白花茉莉交配，第一代花盡呈紫色，通常名中間性遺傳，換言之，其性質介於父本與母本之間。至第二代因子分離後，有 1 個紅色，2 個紫色，1 個白色，但其中白花植物與紅花植物均是同性子，各與其親本相同；可永久不變；反之，紫花植物是異性子，至第三代因子分離現象與原第二代同，即 1 個紅色，2 個紫色，1 個白色，如下表：



(註) (1) *Mirabilis Jalpa*

紫花性是不可固定的，永遠具有異性子分離之狀態。故此種中間顯性之單性雜交，因子分離比例 1:2:1。

(二) 在雙性雜種 例如日本茉莉

例設用一種日本茉莉花呈紅色( $RR$ )莖幹高大( $LL$ )與一種茉莉花呈白色( $rr$ )莖幹矮小( $ll$ )交配，第一代植物花呈紫色，莖幹中等，至第二代因子分離，遺傳現象始成複雜如下：

( $P_1$ )  $RRLl$  ×  $rrll$   
紅花高莖      白花矮莖

( $F_1$ )  $RrLl$   
紫花中莖

		花	莖
( $F_2$ )	9R-L	1 $RRLl$ =	紅 高
		2 $RRLl$ =	紅 中等
		2 $RrLL$ =	紫 高
		4 $RrLl$ =	紫 中等
3R-ll	1 $RRll$ =	紅 矮	
	2 $Rrll$ =	紫 矮	
3rr-L	1 $rrLL$ =	白 高	
	2 $rrLl$ =	白 中等	
1rrll	1 $rrll$ =	白 矮	

由此證明紫色花與中等高度莖仍非固定者，因子分離 9:3:3:1 之程式變為

$$(1:2:2:4):(1:2):(1:2):1$$

至中間遺傳顯性之代表公式由  $(3:1)^n$ ，(其中  $n$  = 異質之配偶子數) 變為  $(1:2:1)^n$ 。

### 第二項 因子之交互作用

#### 甲 兩個或數個因子不可並立者 (彼此拒斥)

##### (一) 在兩性雜種

假設某兩性，雜交第一代為  $AaBb, ABab$  等因子每個表顯一不同之形質，如第二代之分離現象為平衡的，其公式總為 9:3:3:1。但在不平衡之狀態下，則可產生：

1, 有若干形質與  $B(AB)$  相遇，則被拒斥，單獨之  $A$  或  $B$  是無活動能力的，所以第二代之分離為  $9:(3:3:1)=9:7$ 。

2,  $aB=ab; F_2=9:3:(3:1)=9:8:4$ 。

3,  $Ab=aB; F_2=9:(3:3):1=9:6:1$ 。

4,  $B$  之變化如被  $A$  隱蔽，則  $F_2=(9:3):3:1=12:3:1$ 。

5,  $AB=Ab=ab, F_2=(9:3:1):3=13:3$ 。

6,  $AB=Ab=aB, F_2=(9:3:3):1=15:1$ 。

試在農作物中選舉數個不規則分離現象之實例：

9:7 之實例：(1) 如用兩種白粒玉蜀黍相交配，第一代種粒皆有顏色，第二代 9 個有色，7 個無色。此不規則之法則是有  $(CR)$  兩個因

(註) (1) East, Hayes 二氏試驗者

子聯合，方可產生種皮之顏色。

$$(P_1) \quad CCrr \times ccRR$$

白色粒 : 白色粒

$$(F_1) \quad CcRr$$

有色粒

$$(F_2) \quad 9C-R- + (3C-rr + 3ccR- + 1ccrr) =$$

9有色粒 + 7白色粒

19:3:1之實例 (1) 如用黑粒燕麥與黃粒燕麥相交配，第二代在黑黃兩種燕麥外，另產一種灰粒燕麥，其比例為 12 黑色粒: 3 灰色粒: 1 黃色粒。Surface 氏對於此種分離現象，曾有以下之解說：

$B$  = 黑色之因子

$G$  = 灰色之因子

$Y$  = 黃色之因子

$B$  對  $G$  及  $Y$  為顯性， $G$  對  $Y$  為顯性，凡燕麥含有  $BB$  或  $Bb$  兩因子即使遇着  $G$  或  $Y$  或  $G-Y$  仍呈黑色，含有  $bb$   $G-Y$  組合者，始呈灰色，含有  $bbgg-Y$  組合者僅有一個呈黃色。

$$(P_1) \quad \left. \begin{array}{l} BBGGYY \times bbggYY \\ \text{黑燕麥} \quad \quad \text{黃燕麥} \end{array} \right\} \text{實際上是雙性雜交因親本均含有 } YY$$

$$(F_1) \quad BbGgYY$$

黑燕麥

$$(F_2) \quad \underbrace{9B-GYY : 3B-ggYY}_{12 \text{ 黑燕麥}} : \underbrace{3bbG-YY : 1bbggYY}_{3 \text{ 灰燕麥} \quad 1 \text{ 黃燕麥}}$$

(註) (1) 由 Surface 氏試驗者





(F <sub>2</sub> )	27C-R-B- = 紫紅	} 27 : 9 : 28 紫紅 紅 白
	9C-R-bb = 紅	
	9C-rr-B = 白	
	9C-rr-bb = 白	
	3ccR-B = 白	
	3ccrrB- = 白	
	3ccR-bb = 白	
	1ccrrbb = 白	

通常三性雜交之因子分離公式27:9:(9:9:3:3:3:1)變成27:9:28。

### (三) 在四性雜種(1)

拉士韋色氏曾用兩種山小菜(2)一個花呈粉紅色，一個花呈白色相交配，第一代植物花竟不呈粉紅色(因通常着色因子總是顯性，白色因子總是隱性)乃呈深紫色，若令其自花受精，第二代遺傳現象益形複雜，如深紫色，淡紫色，紫紅色，粉紅色，白色等均有。解釋此種分離之內容，可假設四種因子：一個為着色因子-A-，若遇現色因子-R-，花即着色；其他隱性aa或rr均為白色；第三個因子B或b為花瓣細胞質中之酸度或鹼度，遇着A與R則可形成紫色素及紅色素；再遇着第四個轉色因子-V-則可變呈深紫色或紫紅色。

山小菜花中各種色素因子，可假設如下：

$ARBV$  = 深紫色， $ARbv$  = 紫色， $ARbV$  = 紫紅色， $ARbv$  = 紅色，

(註) (1) Tetrahybrides

(2) Campanula Medium

至於白色可在下 12 種組合下發現：

$aaR-B-V$	$A-rrB-V-$	$aarrB-V-$
$aaR-B-vv$	$A-rrB-vv$	$aarrB-vv$
$aaR-bbV-$	$A-rrbbV$	$aarrbbV-$
$aaR-bbvv$	$A-rrbbvv$	$aarrbbvv$

(缺乏着色素) (有着色素但無現色劑及轉色劑) (無着色素無現色素)

在第二代，16 個性細胞分離之組合，可得 256 個接合子；其中 112 白色，81 深紫色，27 紫色，27 紫紅色，9 粉紅色。

乙 兩個或數個因子可並立者（彼此吸引）

因子並立之問題在農業改良上頗關重要，試將包洛氏 (1) 小麥試驗略述於下：

設現有兩個小麥品種其抗寒力較強者其一因細胞質中特富有糖分，另一個外皮層特厚；若將此二種小麥相交配 (S=糖分多，C=外皮厚)，則其現象為：

$(P_1)$	$SScc$	$\times$	$ssCC$
	糖分多 外皮中等		糖分中等 外皮厚
$(F_1)$	$SsCc$		

至第二代抗寒之  $SSCC$  組合，常為同性子，並且其後代總比親本抗寒性強。一株植物嘗含有多數之抗寒因子，而其抗寒性之強度大小，

(註) (1) 參看 Baur, Grundlagen der Pflanzenzüchtung, Berlin, Borntraeger, 1921.

須視抗寒因子之多寡。關於此項詳情，將在後篇敘記。現須追述者，尼洛宋·愛洛 (1) 氏曾用紅粒小麥與白粒小麥交配，所得遺傳現象，適與蒙德爾法則無異。

第一代雜種呈紅色但較親本顏色稍淡；所有第一代七株植物自花受精後，其中六株之第二代共有 384 株植物復全呈紅色；僅有第七株之第二代 56 株植物中，55 株紅色，1 株白色。此種不規則之分離現象，似可為反對蒙德爾法則之論據。

但瑞典尼洛宋·愛洛氏用精細目力觀察後，發現此項雜交種中，種粒紅色有深淺濃淡之差異，其原因是由有三個因子 (*RST*) 作用相同，彼此並行不背；故着色之濃淡與因子之多寡成正比例。凡植物俱有此三個因子完全者如 (*RRSSTT*) 或 (*RrSsTt*) 總比俱有其一者如 (*RRsstt*) 或 (*rrssTT*) 顏色濃厚，至三個因子全不俱有者如 (*rrsstt*)，呈白色，為數極少，僅有一株。

通常生理性質，如抗寒性、抗病性、抗旱性等因子均可交相吸引，共同表現其相同之作用，故在第二代之分離現象更形複雜，有時結果難期。

據尼洛宋·愛洛氏最後研究結果，(2) 可發生下項三種情形：

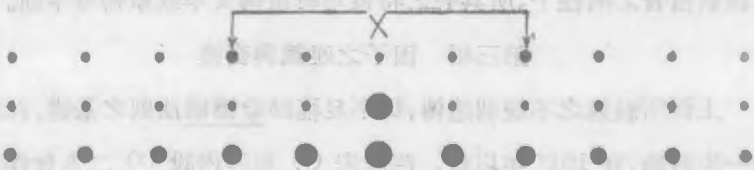
1 雜交兩親本之生理性質，如差異太遠，則第二代將呈中間遺傳現象。

(註) (1) Nilsson-Ehle

(2) 參看 Sur les travaux de sélection du froment et de l'avoine exécutés à Svalof 1900-1912.



2. 雜交兩親本之生理性質，如差異頗少，第二代之組合亦為中間遺傳；但有若干植物之特性有超過親本或不及親本者，此之謂局部越規遺傳。



最後一種不規則遺傳在改良作物上頗有利益，例如雜交某兩植物，目的在倍集二親本之抗寒特性，創造抗寒性特強之新種；假設該抗寒作用是由四個因子(ABCD)之關係，遺傳現象將如下：

$$(P_1) \quad AABBccdd \times aabbCCDD$$

$$(F_1) \quad AaBbCcDd$$

在第二代 256 個組合中，有 16 個組合是同性子，固定而不變者，在此 16 組合中有 14 個新種，如下：

- |   |   |
|---|---|
| $\left. \begin{array}{l} AABBCDD \\ AABBCdd \\ AABBcDD \\ AAbbCCDD \\ aaBBCDD \end{array} \right\}$ | <p>1 新種，由聯合四個顯性因子而成者，</p> <p>4 新種，由聯合三個顯性因子而成者，</p> |
|---|---|

<i>AABBccdd</i>	}	= (一個親本)
<i>AAbbCCdd</i>		
<i>aaBCCdd</i>		
<i>aaBccDD</i>		
<i>AAbbccDD</i>		
<i>aabbCCDD</i>		
6 組合中有 4 新種由聯合兩個顯性因子而成者		
		= (另一個親本)
<i>AAbbccdd</i>	}	4 新種, 由聯合一個顯性因子而成者。
<i>aaBbccdd</i>		
<i>aabbCCdd</i>		
<i>aabbccDD</i>		
<i>aabbccdd</i>		1 新種, 由聯合四個隱性因子而成者。

由上表就可判定, 凡特性作用相同之兩種植物交雜後, 第二代中有五種新組合之同性子, 所具有之特性均較單獨父本或單獨母本強。

### 第三項 因子之連鎖與交換

上面所敘述之不規則遺傳, 仍不足搖動蒙德爾法則之基礎。此處更進一步討論, 在 1911 年以前, 芭脫宋 (1) 與匹內脫 (2) 二人曾作多數試驗, 所得結果亦與蒙德爾法則無異。

他們用兩個純種麝香連理草 (3) 交配, 不同之因子為 *A* 與 *B*, 在第二代共有 677 株植物, 可分四類, 其比例為 495, 22, 23, 137; 大與普通分離現象 380, 127, 127, 43 (公式為 9:3:3:1) 不同。然若各二項相加 459 + 22 = 517, 23 + 137 = 160, 517 比 160 約為 3 比 1, 即 459 + 23, 137 + 22 亦相似。

芭脫宋氏對於此種不規則現象, 有如下解釋: 假設兩親本之不同之因子為 *AB* 與 *ab*, 雜交後為 *AaBb*, 但在 *AABB* × *aabb* 中間

(註) (1) Bateson

(2) Punnett

(3) *Lathyrus odoratus*

有一種連結素使之連鎖 (1), 以致  $AB$  與  $ab$  之形成, 比  $Ab$  與  $aB$  多; 不若普通蒙德爾遺傳法則  $AB, Ab, aB, ab$  四種配偶子之結合數相等。故此種公式不為  $1:1:1:1$  而是  $n:1:1:n$ , 如上例  $n=12, 12:1:1:12$ , 有時  $n=3, n=2, \dots$ 。

至上例第二代因子分離之比例, 不是  $9:3:3:1$ , 而為

$$8n^2+4n+2:2n+1:2n+1:n^2$$

其中  $n$  代表  $AB$  與  $ab$ , 例如  $n=2$  則為  $22:5:5:4$ ,  $n=3$  則為  $41:7:7:9$ ,  $n=4$  則為  $66:9:9:16, \dots$ 。

假設  $AaBb$  交雜種來自  $AAbb \times aaBB$ , 在  $A$  與  $b, a$  與  $B$  之間有聯結素, 第一代形成  $Ab$  與  $aB$  乃比  $AB$  與  $ab$  數多, 其公式為  $1 AB:nAb:naB:1ab$ , 配偶子之比例, 或為  $1:2:2:1, 1:3:3:1, \dots, 1:n:n:1$ , 第二代因子分離之比例, 將為  $19:8:8:1, 33:15:15:1, \dots, 2n^2+4n+3:n^2+2n:n^2+2n:1$ 。如是若公式為  $1:10:10:1$  時, 在  $36, 64, 100, 144, \dots, 184$  配偶子中, 僅有一俱有兩個劣性因子。

關於此種不規則遺傳現象自 1913 某洛岡氏等以果蠅研究後, 復經許多著名學者試驗, 漸漸證實染色體之交叉, 及染色質之交換等問題, 蒙德爾遺傳法則得有更深刻之解釋。

遺傳因子是附在染色體上的, 名曰染色體遺傳, 現今生物學家均贊成此說; 蓋因子附藏於染色體內, 染色體存在細胞核內; 凡兩性細胞交配後, 細胞核即起溶合現象, 繼續分裂繁殖, 生成子子孫孫, 染色體乃為遺傳因子之擔架體。

(註) (1) 法名 *Liaison*, 英名 *Linkage*, 德名 *Faktorenkoppelung*

存在性細胞內之染色體數隨植物種類而異。(1) 但在每一種植物體內含有之數是不變的；不但在一個體內，無論細胞分裂情況如何，總可保持其原有性質；且可隨個體一代一代的繁殖，一代一代的遺傳；毫無改變者。然染色體所以能傳授因子而不發生阻礙，是因性細胞分裂先有接合期及減數分裂期也。各個染色體均有其個性，如長度、形狀各不相同，若能標別號數，可觀其每期出現，各個不同。

據某洛岡氏研究後，每個染色體附有之因子，多寡不一，依生物種類而異；但均排列在一個染色體之長線上，當細胞核分裂時染色體縱行分開為兩股，各赴一極；若所有因子集留一處，則成完全聯結，第二代因子全不分離。反之，所有因子在染色體全部分佈均勻，則可得普通蒙德爾之分離現象。

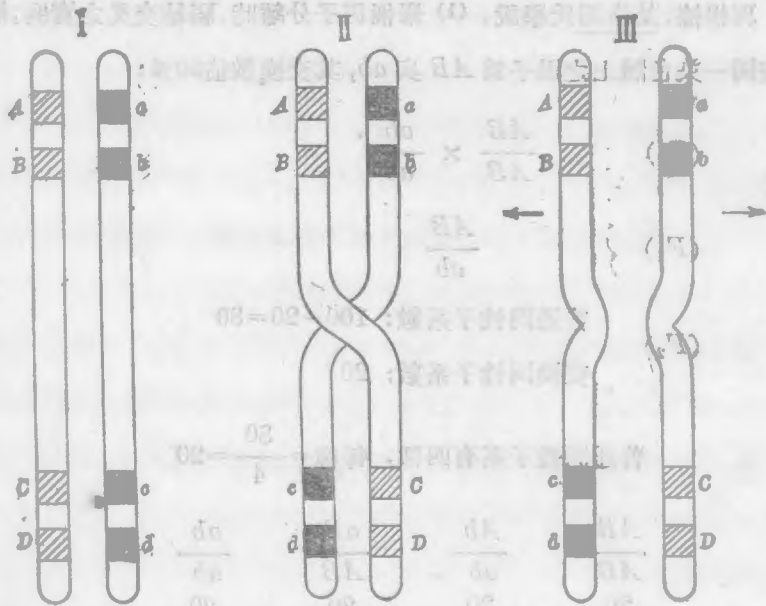
凡在上項不規則分離情形下，若因子連鎖不完全者名曰因子交換，(2) 此為新蒙德爾派(3) 之意見。當生殖細胞受精後至中期分裂時，父本染色體與母本染色體不呈並行狀態，而兩兩交叉聯結，在此聯結點上之染色體自多混合之機會；故中期後，兩染色體不像普通聯絡分赴兩極；而在交叉處斷裂，致彼此染色體有互相交換及連接之現象。觀下圖更易明瞭：

(註) (1) 例如蠶豆 12 豌豆 14 葦櫻 16 百合 24 稻 24 燕麥 42 大麥 14 小麥 14 但染色體數亦常依變種而異；如一粒小麥 14 二粒小麥波蘭小麥 28 矮性小麥 42，以上係指體細胞內之倍數(diploid)而言，至性細胞內之單數(haploid)則為其半數。

(2) Crossing-over

(3) 如 Morgan 氏 Bateson 氏 Punnett 氏等





第三十圖 I. 兩個染色體附載有 ABCD,abcd 等因子。

II. 交換之狀況

III. 一個染色體以原有 ABCD 換為 ABcd, 另一個反之。

在同一染色體上, 因子距離遠, 破裂分散之機會愈多; 另一方面說, 因子距離愈近, 聯結力愈強。下表示明第一代配偶子之形成; 及第二代因子分離之現象:

種類 (兩性雜交)	第一代配偶子 $AB - Ab - aB - ab$	第二代理論現象 $AB - Ab - aB - ab$	例如在 400 個體中算 得之第二代 $AB - Ab - aB - ab$
普通遺傳 $\left. \begin{matrix} AB \times ab \\ Ab \times aB \end{matrix} \right\}$	1:1:1:1	9:3:3:1	225:75:75:25
完連全鎖 $\left. \begin{matrix} AB \times ab \\ Ab \times aB \end{matrix} \right\}$	1:0:0:1 0:1:1:0	8:0:0:8 0:8:8:0	200:0:0:200 0:200:200:0
不全鎖 完連 $\left. \begin{matrix} AB \times ab \\ Ab \times aB \end{matrix} \right\}$	1:1:-1:-1 -1:+1:+1:-1	9:9:-3:-3 -9:+3:+3:-1	281:19:19:81 201:99:99:1

再根據,某洛岡氏學說, (1) 舉個因子分離時, 聯結交叉之實例; 假設在同一染色體上之因子爲  $AB$  與  $ab$ , 其交換數佔 20%:

$$(P_1) \quad \frac{AB}{AB} \times \frac{ab}{ab}$$

$$(F_1) \quad \frac{AB}{ab}$$

普通同性子系数:  $100 - 20 = 80$

$$(F_2) \quad \text{交換同性子系数: } 20$$

普通同性子系有四種, 每種 =  $\frac{80}{4} = 20$

$\frac{AB}{AB}$	$\frac{Ab}{ab}$	$\frac{aB}{AB}$	$\frac{ab}{ab}$
20	20	20	20

交換同性子系亦有四種, 每種 =  $\frac{20}{4} = 5$

$\frac{Ab}{AB}$	$\frac{Ab}{ab}$	$\frac{aB}{AB}$	$\frac{aB}{ab}$
5	5	5	5

第二代分離 (父系過多)	}	$A-B-$ : 70 (父系)
		$Aabb$ : 5 (交換)
		$aaBb$ : 5 (交換)
		$aabb$ : 20 (父系)

(註) (1) Morgan, Sturtevant, Muller, Bridges - Le mecanisme de l'heredite mendelienne.

父系產生過多，乃為第二代因子交換現象之重要表徵。

由此可推定分離公式，若連鎖完全，沒有交換則為

50:0:0:50 (未分離)，若因子分佈在各不同染色體上，則為

56:19:19:6 (各個分離)，上例交換現象則為

70:5:5:20 (局部分離)。

新蒙德爾派之學說，更有比此複雜深微，但此處不能繼續討論。據襄三氏 (1) 及个洛个亞氏 (2) 等研究結果，關於因子聯結及染色體遺傳諸現象，已可用顯微鏡證實矣。

(註) (1) Tanssens—La theorie de la Chiasmatisation. Nouvelle interpretation des cineses de maturation. Louvain, 1909.

(2) Gregoire—Généétique et Cytologie. Bruxelles, 1927.

## 第二章 雜交育種之實施

### 第一節 雜交種之選擇

在實行雜交之先，須選取純系植物，換言之，須用堯洛當氏小種或原種，方可達目的；所以在普通農業試驗場，第一步施行純系育種，第二步實行雜交育種。否則不能依照蒙德爾法則於第二代獲得新種同性子也。

在未敘述雜交育種之步驟以前先須注意三點：

1. 用兩純系植物交配，第一代遺傳現象無論合我們之意見與否，均可置之不問，必須俟此第一代雜交種至第二代，自花受精後，方可分別選種；因第一代之組合均係異性子，非固定之性質，即選取之亦不能無變。
2. 在第二代第三代或第四代雜種中選擇同性子，則可固定新種；但須注意分別同性子與異性子，不可混亂；因異性子至下代仍不免分離或改變其原有形態。在第二代或第三代雜種中，有時因個體過少，亦難於發見同性子；然若增加其個數，未有不可得同性子之機會。

8. 當實行雜交育種時，有主張在顯性系中選取同性子者，亦有主張在隱性系中選取同性子者；各持理由，各執例證；甚至令實行家莫知所從。然此皆一偏之見，各有其是，各有其非；換言之，有時須從顯性系中選取，有時反之，可從隱性系中選取。

先說選取隱性之例：假設我們欲創造一新種小麥，莖短，穗白，種粒亦白；我們用爲交配之兩親本，一個穗白，種粒白，惟莖頗長；另一個莖短，穗白，但種粒呈紫色；依通常遺傳而言，白對紫，短對長，均爲隱性，故在此種雜交至第二代可在隱性系選擇穗白粒及莖短之新種。但此種方法非處處可適用，有時須在顯性系選取，工作殊較繁難，因顯性系中含有之同性子爲數常少也。例如現有第二代兩性雜交種 160 株，照理論說，其中 90 株，具有雙顯性，而具有單顯性者各 30 株共 60 株，具有雙隱性者僅 10 株；然在此 90 株雙顯性中，同性子僅 10 株(1/9)，在單顯性中則有三分之一；而 10 株雙隱性則盡爲同性子。

下面所敘述各種雜交育種，均就自花受精之植物而言。

## 第二節 親本<sup>(1)</sup>之選擇與栽培

第一宜注意選擇健全之親本，選取純種親本，交配後，方可得第一代雜交種外形一致，第二代因子有規則分離，便於選種；殊可免除無益工作及耗費時間。第二宜早定雜交之方針，及審慎親本之性質；不可摸索從事。然上項兩種工作，通常須經過數年考察，方可施行；尤其是在作物種類繁雜之區或土壤多有差異之地，他如引用外國種改良土種，亦宜

註 (1) Géniteurs, 父本母本之總稱

先行純系育種，詳細觀察，而後施行雜交工作。

在歐洲有若干育種場不依照科學上法則施行，亦有得良好結果者；但此是機巧，不可仿效。近今學者莫不主張應用豪德爾遺傳法則改良植物，即從第二代選取合吾人希望之單本而栽培繁殖之。但另宜注意，有大部分生理特性之因子均有交互作用，或相牽引，或相拒斥；又有顯性獨占，隱性隱至數代後始發見種種不規則現象；從事改良植物之人，豈可不審慎將事，例如雜交兩種紫色小麥，忽然產生白穗白粒之新種；雜交兩種無芒小麥，忽然產生有芒之新種；雜交兩種均有抗寒性或抗病性之小麥，更可得雙重抗病性或抗寒性之優良品種。

關於親本之栽培方法，有若干學者主張盆栽；因盆栽易於處理，且可隨意延長或縮短某甲本開花期（例如放於陰暗之地可延長，置諸強光之下可縮短）以便與較早或較遲之某乙本交配。至用方法保持花粉發芽力，僅能在短促時間內，若遇兩植物開花期距離過遠；惟有延遲早開之花方可。然盆栽亦有兩弊可以抵消其兩利；一遇親本多時，例如百種以上；購備栽培之器具費用過大；二，盆中土壤甚少，植物感遇之環境與普通栽培大有不同。

因是，我們主張宜在場址附近選擇良好土質之地栽培，周圍用鐵絲網或蔴線網保護，假設某甲需要雜交十種植物，共百餘株，即可劃分十畦，每畦面積約1方公尺半至2方公尺，兩畦中介以半公尺之路徑；但在種類不同之兩畦間，須用更較闊之路徑。如是每種作物一畦，每畦面積相當；故第一畦可全用作母本，第二畦可全用作父本，依此類推，有條不紊，既易於施行雜交手術；又便於交互雜交。如選定之父母本，開花期

有過早過晚者，可將過早者晚栽種，過晚者早栽種。最近俄國發明可利用日光延長或促短植物之生長期。(1)

在美國有許多育種場利用溫室栽培親本，固可避免不良天氣，如狂風暴雨；但需要經費浩大，而雜交數亦受限制。

最後應注意，選本宜純淨、健強及具有原種之特徵。

### 第三節 人工交配

親本選定後，即可實行交配。交配之工具，通常必須者為小剪，鉗子，細針，擴大鏡，鉛筆，標籤及紙袋等。在施行雜交手術之前，應先明瞭母本之花，以何部分生長力較強，結果較易，以便去雄時取捨。例如小麥穗之中部，小穗兩外旁之花最為強健，棉之中部近主莖之花，亦較強健。

#### 第一項 交配之技術

人工交配之手術大別去勢與授粉兩部分，茲舉小麥、稻、棉三種主要作物，分述於下。

#### 第一目 小麥交配法

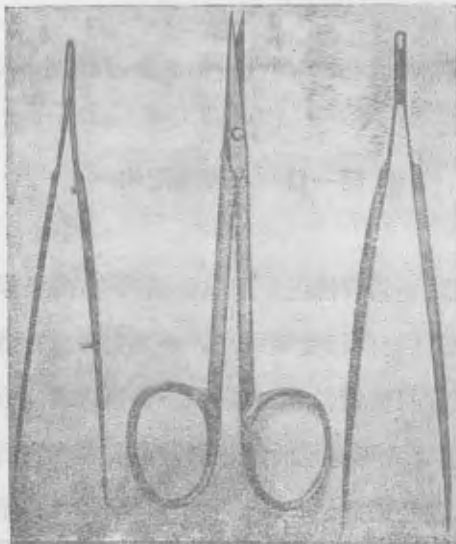
##### (一) 去勢

去勢一名去雄。通常以傍近雄蕊成熟期為適宜，過早，花被尚嫩弱，易於損傷；過晚，恐已有自行受精之慮。小麥去勢以在各器官發達至極度，雄蕊與花被已變呈淡黃色；但尚未呈硫黃色之時為宜。惟在初行育種或尚無十分經驗之人可過早而不可過遲也。在未實行去勢之前，須先整理母本之穗，其手術分：1. 檢備簡單解剖器，如直鉗、曲鉗、直剪

註 (1) 中華農學會報第 125 期，盧守耕——最近俄國發明之植物生長促短法

刀、曲剪刀等，均宜細利。2. 用剪刀除去穗之兩端，3. 用剪刀或鉗除去無花之空小穗。此兩步工作完全是集中營養分於中部。4. 用直鉗拔除花穎，力避花內部受傷。通常小穗上僅留花二個或三個。

然後用左手之食指與小指或無名指攫取欲去勢之穗，同時可稍加壓力，令穗莖彎曲與吾人目光接近；次用左手大指輕加壓力於每花之小穎頂端；令其展開，以使用右手引入曲鉗之尖端，將內部雄蕊個個取出，次第置於左大指之指甲上，並計其數，避免遺失整個或一部分雄蕊於花中。但此時宜注意鉗之出入不可損傷雄蕊之任何部分。穀類作物之雄蕊通常有三，有兩個適藏於小穎之摺疊處，初學者頗易遺失及感覺困難。但去勢之時期如果選得適中，稍有經驗者不難行之，且可一次拔除三雄蕊。



第三十一圖 普通去勢必須之三種器具（自作）



凡行去勢工作不可過多，宜閒時休息，因值疲乏時則難免有錯誤情事發生。攬持穗之高度通常以與胸部相齊為宜，在比國育種場製造一塊黑色圓板，直徑約 15 公分，邊緣稍高，上可安放交配器具，不致滾出；下部有鐵腳安插土中；去勢時將手按於其上，頗可減少疲勞。至為避免遺漏花蕊起見；去勢之人宜依一定方法工作，例如先從穗之下部花開始，順序由左而右，由下而上，至頂端後，再檢查一次。

當去勢時如遇着雄蕊已成熟，黃色花粉一觸飛散，即須用鉗拔除全花。後將鉗浸於 95° 酒精中少許，殺滅鉗上附着之花粉；故未至田地之



第三十二圖 爲去勢整理後之小麥（自作）

先，宜預備一小瓶酒精，攜帶應用。他如當施行人工交配時，遇着遺漏未去勢之花，亦須立即拔除。

在去勢後，前曾有人利用玻璃管，棉絮筒等器具保護避免外界花粉侵入受精；但現今多用玻璃紙袋，高 12 公分，闊 6 公分；邊緣，用膠水封固，既便利，又經濟。惟有一點缺陷，此紙不能透空氣，或通透不完全；袋中生命體呼吸困難；故在法國育種場遇較重要之雜交，改用紗袋或直用棉繩綁捆。據著者之經驗，棉繩亦便利亦經濟，且結果較紙袋優良。

## (二) 授粉

然則宜在何時傳授花粉於去勢之光之柱頭上？此為交配者極宜注意之事。通常以雌蕊發達成熟，顏色光澤，具有豐富之分泌物質，可沾着花粉，便於發芽時為宜；例如穀類可觀其兩羽毛狀之柱頭成長完全即是。穀類作物之穗狀花序中，各花之成熟頗不一致，大約有二三日之區別；可先授粉中部，越二日再授粉極端；然亦可依早開之花期遲兩日一次授粉，庶可免記憶之誤。若能於第一次交配後，一日或二日，再重行授粉一次，更可免遺漏之誤。又小麥授粉時間，以每日清晨為宜。茲將各種授粉方法略述於下：

(甲) 以前方法：將近 1910 年時期，德國試驗場多在父本植物上收集多量花粉，而後撒佈於母本植物柱頭上。法當父本植物之花成熟時，用剪刀將穗聯莖割取長約五十公分，束成各個小捆；次將穗之一端插於玻璃筒內，斜斜放置，下鋪黑色蠟紙；莖之一端則浸入水瓶中，用砵碼支持（第三十三圖）；如此，穗上之花因有水分之供給，繼續開放，花粉自由流散，墮落紙上；而後隨時用羽毛或毛筆收集，納於紙匣或具棉

塞之玻璃管中。至授粉時用輕軟之毛筆探沾少許花粉，在去勢之花柱頭上，輕輕拖觸一往一來，則有不少之花粉粒落於其上。惟至24小時後，植物花粉粒之發芽力，或死失，或微弱，故近來育種家每棄此法而不用矣。

(乙) 現今方法：現今通行之方法有三：

1. 不先收集花粉，直接採取父本花穗，選取成熟之雄蕊；將出花粉粒於柱頭上。法乘無雨之溫暖早晨，至交配作物區，先將去勢之穗上紙袋或他種隔離物解下，用左手持穗，再將大指稍加壓力於小穗之一端，令其放開。次用右手持曲鉗在幫助人手中採取已成熟之花藥，直接觸出花粉於母本柱頭。但稍有經驗者可同時用左手持父本之穗，無須幫助之人。著者亦喜一人獨行；若遇父本缺乏之時，每個強熟花藥，可交配兩個以上之花。至交配完畢，另行交配他株植物時，宜浸鉗端於90度酒精中，因其上沾着之花粉，若不殺滅，則可混亂他品系之交配。

此種授粉方法有三大利益：(a)避免收集花粉手續之麻煩，(b)每個花之雄蕊可交配多數去勢之花，(c)花粉粒發芽力強，受精比例數自較多。惟有一缺點，若值廣大交配需要大量花粉，殊不易得；因過熟之花粉，吐出小穗之外，固難免有他系花粉闖入；而未吐出仍藏在小穗內之花藥，既須個個檢視；又難得多數成熟於一時；故交配之人往往因尋覓花粉而疲勞。較好之方法，可在很暖之早晨，至父本區採其穗中部有一二雄蕊吐出之穗，稍受日光之熱力，大部分花之雄蕊即可齊行開裂也。

脫色舌洛馬克氏曾創造手暖花蕊法<sup>(1)</sup>，亦有相當之效果：法將成

註 (1) Beiträge zur Vervollkommnung der Technik der Bastardierungsrichtung der vier Hauptgetreidearten ( 四種主要穀類作物之人工交配改良，1921年，在柏林出版)

熟而尙未成熟之花穗，輕輕握於手掌間，以供較高之溫度；則雄蕊或可立時開裂。

2. 在各個去勢之花之柱頭上，放置一個花藥或花粉囊，遇必要時，可先將該花藥與花柱擦觸放散花粉；花藥放置後，復用鉗端封閉小穗，以令兩性器管互相緊接也。此法之利益有二；第一授粉用不着重複一次，第二可依花成熟之先後，先授粉穗中部之花，次及兩端，每個花藥雖不久即枯死，但仍可表明該花已授粉之證，毫無疑慮。近年來育種家多採用斯法，據 Tschermach 氏報告，應用此法授粉成功者幾佔百分之百。

3. 在實行授粉之前少許時間，採取父本成熟之花藥，放置於紙匣或玻璃皿內，用蓋掩之，至花藥破裂，花粉噴出時，用鉗沾取花粉粒，觸授於柱頭上。若在溫室內施行交配，可用乳鉢搗裂成熟花藥。此法原為美國育種場所習用。現今歐洲育種家亦有仿效者。

無論那種方法授粉後，須立時補行下項工作：

- a. 戴上隔離器，如用紗袋或紙袋，同時用紅綿繩將袋之下部紮束。
- b. 在支持架上或莖上掛一輕便之標



第三十三圖 古法採取多量花粉之形式

籤或紙牌。

c. 在標籤或紙牌上用黑鉛筆註明父本之名稱，系統，交配之日期及類別或號數。

d. 在育種簿上登記一切必須之事項。

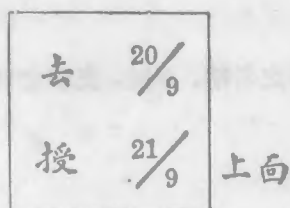
### 第二目 稻之交配法

稻之開花順序，從穗之頂端開始，次第向下，各枝梗亦與此同，先端較早。最適宜溫度為攝氏 30°，最低溫 15°，最高溫 50°。開花最多時間，每日以午前十時至十一時半。

據最近試驗報告，如欲用早熟種與晚熟種互相交配，可以光線變更其開花時期，日人野口彌吉曾分水稻為四區試驗，一區放置自然界中，二區夜間繼用電光照射，三區日照限定每日五小時，四區八小時，結果，四區抽穗最早，約四十五日，三區次早，約五十日，均較一區標準區早一月以上，而二區至一百六十三日猶未抽穗。

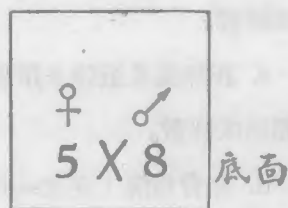
一、去勢 稻穗出於葉鞘三公分時，則可將葉鞘切開，引穗而出，留十五至二十個花，餘悉除去，再於留存花頭之上部斜切，以外穎之部分宜多，內穎宜少，因恐內穎多切，於子房之發育有所妨礙也。然後拔去雄蕊六枚，罩以紙袋，除勢時刻普通行於午後，次日上午八時交配授粉。但若午後除勢時，其切口乾燥，則以早晨去勢，當日授粉較好。

二、授粉 授粉前須詳細檢查柱頭有無花粉附着，後即以初開裂之藥一二枚放入穎中，或於柱頭上洒以充分之花粉亦可。授粉完畢，為防其他花粉飛入與乾燥起見，用玻璃紙袋罩住，另懸一紙牌，上記明父母本之號數及日期。紙牌之寫法可如下：（其他作物均可仿此寫法）



去 20/9 示九月二十日去勢

授 21/9 示九月二十一日授粉



♀5 示母本品系號數

♂ 示父本品系號數

### 第三目 棉之交配法

棉之各品種有易交配者，有不易交配者，例如中棉與中棉雜交，多能成功，而中棉與美棉雜交，甚少結果。故若干學者認為由染色體數不同之關係，因中棉染色體祇十三對，美棉染色體具有二十六對也。但最近據拿卡荷米(<sup>1</sup>) (1931)，哈良(<sup>2</sup>) (1932) 諸氏試驗結果，中棉與美棉 (*Gossypium barbadense* × *Gossypium arboreum*) 雜交亦有成功之可能。棉亦為自花受精之植物，不過間有異花受精而已，其交配手術與前所述者大同小異。

一、去勢 棉花之開放，多在上午七時至八時，須每日下午四時左右巡視棉田，如見花蕾飽滿，一、二日內可開花者，即用紙袋或紙袋就花蕾基部罩住之，以防他花花粉之傳播。一、二日後，詳視紙罩之花，如有花蕾充分發育，花瓣鬆張者，即用剪刀將花瓣輕輕啓開，剪去花藥，並以擴大鏡檢查有無殘留之花粉，仔細掃淨，而後罩以紙袋，繫以標籤。

二、授粉 父本之花亦須前一日用紙袋罩圍，以免他花花粉混入，至去勢日，可於清晨八時左右，擷取花粉，散於母本之柱頭上，或摘下父

註 (1) Naketomi

(2) Harland

本之花藥，以與母本柱頭擦摩，而後復罩以紙袋，繫以標籤。通常交配後三十六小時受精完畢，三日後可取去紙袋。如袋紙脫落或破裂，雖花已授精，亦宜除去。

三 棉之交配通常今日下午去勢，明日上午授粉。

### 第二項 雜交種子之收藏

至植物成熟時，凡雜交成功之穗，宜各個分別收取，連原有標籤納於紙袋或布袋內，同時在袋上註明必須之記載，如號數等。待脫粒後，將各個穗之穀粒分別保藏小玻璃瓶或試管中，塞以棉栓，貼以標籤，記以號數及其他必要者。

通常雜交第一代二代三代，多用簡易之字代表之，例如美國農部用  $A$  代表第一代， $A-1$  代表第二代之第一號， $A-1-1$  代表第三代之第一號， $A-1-100$  代表第三代之第一百號。設吾人若書民國 25 年交配者，可仿照下式：

第一年  $C-25 A$  ( $C$  示交配, 25 示 25 年)  
第二年  $C-25 A-1$   
第三年  $C-25 A-1-1$  至 100

迨若干年後，已經選得有價值之新種，純實而不變者，則給以系號，依據前項記載，例如書以  $C-25-1$ ,  $C-25-2$ ,  $C-25-3$ .....等則可。

凡由屬於某一純系之父本與屬於某一純系之母本交配所生之種子，別為一類，每一雜交為一系，若父本不是一純系，或母本不是一純系，即如一株母本上一穗一花，疑有非一純系者，亦須另編一組，不得稍

有混淆。

#### 第四節 第一代雜交種( $F_1$ )之處理

第一代雜交種之播種與純系選種之單本，大不相同，蓋主要目的在希望得着多量種子，因繁殖種子數量多，第二代始有更多之機會發現新種，換言之，雜交植物愈多，同性子亦愈多，選擇愈易，通常至少須有200株植物，方可供試驗。然穀類作物之花序與發株之多寡，本可由環境改變，育種者可利用此點，增加其花序及發株，以便第二代獲得最大限度之種子。故第一代雜交種常播種於試盆中，用腐熟堆肥與園藝土混合培植之，每盆播種量須視其面積大小而定。最宜注意者，各系各代不可絲毫錯亂，處處以標籤記明號別及種類。另有時第一代雜交種，變呈瘦小或乾枯，依表面看來，發育甚形惡劣，但切不可輕於拋棄，因該類種子至後代，仍可恢復其原有形態也。

在比國囊白綠之試驗場，一月尾實行盆播，每株幼植物約需5平方公分面積。至欲幼植物發育優良，當幼根生長時須將盆放置於屋外，到天氣過冷時方可收入；既可避免發育過度及萎黃作用，並可促發株之豐富。另宜注意結冰時，須將盆栽植物，移於屋內朝陽之窗戶旁，或放於溫室內。春天到來，氣候暖和，即可將盆種植物，移植於預備之園地，細心用盆中之土培栽妥當，不可魯莽從事，發株自良，第二代種子必有充分之收穫。移植之株間距離10至15公分，行間距離20公分；不宜過於疏稀，以免發株之時間差異。

關於植物生長之狀況，第一代僅可記其大概，因第一代雜交種，在



育種上毫無價值；第二代宜仔細觀察，新種之產生，即在此時。至第一代植物成熟收拔，分別號組，各成一束，掛以標籤，以免紊亂。若為研究，可將第一代主要形態與生理上特性，例如莖之顏色，長度，穗之密度，顏色，種子之組織，顏色，大小，形狀，早熟性，病害…等，登記育種簿上。

第一代種子脫粒後，分別號組，用袋裝置保藏，不必經過選擇手續；因第一代所有種子均須播種，以增加第二代之株數，方可使吾人需要之新品種易於選得也。

另宜注意兩點：1，假若由交配之父本或母本不是純系，以致第一代雜交種形式不一，如為必需，可依第二代選擇法（參看下項）施行。

2. 在第一代雜交種子中，亦可證明其成功與否：例如現有一種雜交小麥，母本穗白色，父本穗紫色；照普通法則，着色顯性，無色隱性，如第一代所得種子均呈紫色；則可證明該交配成功。反之，假使父本白穗，母本紫穗，第一代植物穗雖均呈紫色，仍不能判斷其成功。因若當母本植物去勢時，或遺漏一片花藥，或已被少數成熟之花粉粒自花受精，亦可得同一之結果。在後種情形下，須俟第二代植物生長後，始可判定，如有紫白兩色性分離之現象，則是交配成功，反之，如盡是紫穗而無分離之現象，則僅是自花受精。

### 第五節 第二代雜交種( $F_2$ )之處理

選取新品種宜從第二代起；但首先應注意者，交配是否成功；固可在第二代雜交種中判斷，但一有不慎，則差之毫釐，失之千里。例如某種小麥雜交之親本，一為紫穗，一為白穗；假若該穗之顏色由數個因子並

行作用，僅有一個因子時，則紫色變成淡薄：在此種情形下， $F_2$  穗之顏色顯有深淺之不同，白穗甚少；如欲確實認識交配之成功，必須仔細檢查多數之個體而後可。

另如有若干特性，例如穗之密度差異不甚明顯，必須俟收穫後精細分析，方得結果。反之，如早熟性、晚熟性、抗旱性、抗寒性等或須於植物生長期間隨時觀察，或須經數年栽培比較，始可明瞭。更有進者，如欲得着真正耐寒之新種，必須於較寒冷之區域栽培試驗，至二三年後，方能選出。

播種之方法：凡由第一代雜交產生之種子，分粒播種株行距離，施肥分量，耕作方式，防除病害等等必須完全同一，不可稍有差異。至其他播種方法，可仿照前章純系育種之第一年選本。區數多寡與雜交數相同，換言之，每一雜交種一區。

#### 第六節 第三代雜交種( $F_3$ )以後之處理

第二代雜交收穫後之考種，為雜交育種之最重要關頭；其方法有二，其一為完全科學化者，工作繁複；其二較非科學化者，工作簡易；故在雜交種類過煩時，第二種方法較第一種為便利。

第一種方法：第二代收穫時，凡植物之特性有與其父本或母本相同者，一律嚴格除去，但須注意外態與親本同，而生理性質有異者。其餘可大別同性子與異性子兩種，惟同性子不變，為吾人唯一選取之材料，至第三代更可證明。假設雜交之目的為創造一種小麥密穗白粒，所用純系親本，一為稀穗白粒，一為密穗紅粒，如果此兩性雜交，稀性對密性為

顯性，紅性對白性為顯性，第一代植物均是稀穗，種粒皆呈紅色；依照普通分離法則，第二代植物在 16 株中，僅有一個為吾人所需要之同性子，具有兩隱性，換言之，穗密粒白是也。至第二代收穫時，我們專選取密穗白粒之小麥，從此分別種植，繼續試驗，俟達着目的為止；其餘不合斯項條件者，一概嚴格割愛。

照此種原則，凡兩性雜交或單性雜交中一種需要之形質由數個隱性因子湊合而出現，第二代植物中凡具有此形質者，均在被選之列。如有疑惑之處，或在別項情況下，則須於第三代重行選定。法將第二代一切被選之植物，分別脫粒，甄別，播種，至成熟期再仔細觀察穗之密度，種粒色澤，凡是或似同性子之現象者，均予選取；其餘表現異性子之個體再除絕之。惟具有兩隱性之同性子，方是我們比較試驗及繁殖之對象。

然第二代雜交種之選取，有時頗難於實行，因其情形複雜也；例如用兩相像之親本雜交，為求收穫之增加，不得不實行種種比較試驗，第三代所需要之區數特別加多；故第二代選種不得不多加限制。

總之此種方法之重要點，是在第二代收穫時，仔細選取與吾人希望相合之單本，以為第三代試驗之用；至第三代收穫時，凡屬異性子之個體或同性子而不孚需要者，一律擯棄；所保留之同性子代代照純系育種法繼續施行下去，故雜交育種中第二代被選之植物，等於純系育種中之選本。

克來盤氏<sup>(1)</sup>選取法：此法由第一種方法改變而成，頗利於第二代

註 (1) Orepin 氏現任法國鐵路植物改良場場長

施行精深研究，並且不需要廣大面積。法在每第二代雜交種中，每種選取兩種，保存一個，另一個脫粒後，採取種子 30 粒，播於一行。至收穫時，在認為同性子植物行中，重新選取 10 穗，每穗亦採取 30 粒種子，分 10 行播種；共成第三代雜交；此後凡非同性子與希望不孕者，仍繼續選除。

第二種方法：上述之雜交後選種法，是科學化的，如果雜交種類不多，從第二代選取之單本，各個播種一區，再依 Crepin 氏方法嚴格選除，所需要之工作既不麻煩，而試驗地之面積，亦不甚大；尚易得相當之效果。但在雜交種類過多之場所，因手工難以顧全，可採用下項方法；從第二代收穫選取後，不再選擇繼續繁殖數年，使異性子數受天然淘汰，逐漸減少，而形成同性系統；即吾人所需要之新品種。

假設雜交之兩親本為自花受精植物，在遺傳上名曰雙性雜交，第二代後仍用集團繁殖法，換言之，不用純系育種法，在 1000 株植物中，每年產生之異性子大約如下：

代數	AA或BB	Aa或Bb	aa或bb	異性子百分數
$F_2$	250	500	250	50%
$F_3$	375	250	375	25%
$F_4$	437.5	125	437.5	12.5%
$F_5$	468.75	62.5	468.75	6.25%
$F_6$	484.375	31.25	484.375	3.125%
$F_7$	492.1875	15.625	492.1875	1.5625%
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
最後	500	0	500	0.0%

由此可見雜交種中之異性子依照孟德爾之因子分離法則，每代逐漸淘汰，以至於盡；反之，同性子逐漸增多，以至於純，斯種自然淘汰現

象，在第五代雜交種中，尤為顯著。

因此，有若干育種場所為減少時間之浪費，田地之面積，工作之煩複，施行下項方法；直將第二代收穫之種子，稀稀播種於一區，代代混合繁殖，繼續 5—6 年下去；至相當程度時選取新品種而分別栽培，即可達雜交之目的矣。惟在一羣植物往往發生更複雜之情形，例如生理上因子如抗寒性抗病性等，經過數代分離組合，則頗難分別選取。然可利用天然力幫助人工淘汰，例如利用甚寒之天氣，淘汰<sup>抗</sup>抵寒性弱者，利用濕熱之氣候，易於發生病害，淘汰抗病性弱者，皆是。

### 第七節 異花受精植物之雜交育種法

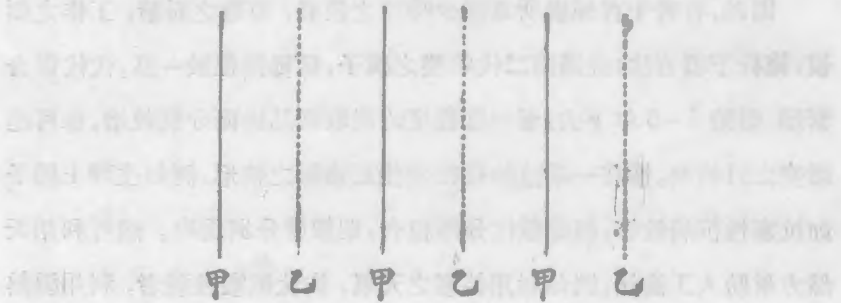
在異花受精植物之雜交育種，比較前者繁難：第一，雜交前須用人工強迫其自交，經歷數代之觀察，方可選取純系親本。第二，雜交後須仔細避免他花受精，並仍須強其自交至因子分離時止。且此種異花受精之植物，往往不慣自花受精，甚有不能生育或生長力衰弱者。

茲舉玉米（一名玉蜀黍）為例：

玉蜀黍為天然異花授精之植物，在實行交配之先，須先令其自交，法在柱頭未暴露前，用透明蠟紙罩住雌穗，俟伸長後，再用紙袋罩圍雌穗，二日後實行交配，先將雄穗花粉搖於袋內，揚去花粉囊，而後傾花粉於柱頭之上，復以紙袋罩之，成熟後收穫留為下年播種，繼續舉行自交，經三、四年後，方可得純系品種。此後再利用第一代雜種法，其產量可增至最大限度，是為近代玉米育種之進步。試略述其方法：

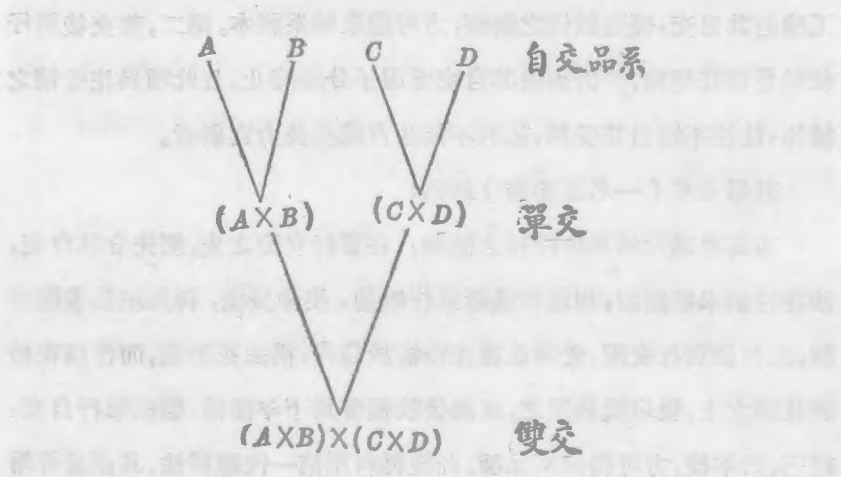
（一）單交法 由兩行純系交配而成之雜種謂之單交。法將甲乙

兩純系隔行播種如下圖：



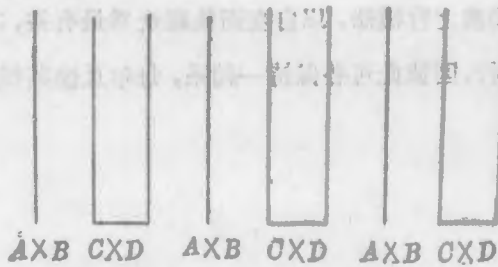
在花粉散放以前，乙行植物完全去勢，甲行植物完全不去，故乙行為雜交種，甲行則為自花受精，以作下年雜交之用。如是每年栽植兩區，以維持兩品系之原種，即A田將甲品系雄蕊割除，B田將乙品系雄蕊割除。

(二) 雙交法 此法由四個純系交配產生，圖示如下：



先由A與B交配，C與D交配，各成第一代單交之種子，即A×B與C×D，復將其分行播種，至穗鬚將發出前，去其一單交之雄蕊，該行

所得之種子謂之雙交。



(三) 混合雜交法 先在田間選擇良好之自交品種，取其花粉，混合交配於同品種或異品種。翌年，復在此混合雜種中取五十株之混合花粉，用人工傳授於其他雜種五十株之穗上，如是每年以混合選種法，選擇其優良者。蓋各自交品系彼此互雜之後，其異性因子互相激盪，甚易得着最大限度之產量。

(四) 隔代雜交法 法先將  $A$ 、 $B$  兩品種栽植一區， $C$ 、 $D$  兩品種栽植另一區，令其兩兩交配而成兩單交，第二年乃將兩單交栽植一區，以得雙交雜種。而後一年甲交作父系，一年乙交作父系，每年輪換一次。茲舉例表示如下：

年份	雜交法	
第一年	單交	單交
	$a \times b$	$c \times d$
第二年	雙交	
	♀	♂
	$(a \times b) \times (c \times d)$	
	$(c \times d) \times (a \times b)$	
	$(a \times b) \times (c \times d)$	
第五年	$(c \times d) \times (a \times b)$	

然至相當年限之後，兩單交之種子產量將較其第一代為少，須重新

製作新單交種子。

總之，玉蜀黍之育種法，以自交而後雜交為最有益，其中隔代雜交法農人較易實行，因彼此可各保持一純系，每年互換其種子，以作隔代雜交之用。



此種方法，係將自交之種子，每年互換其種子，以作隔代雜交之用。其法如下：

第一，將自交之種子，分為四份，分別標記為 A, B, C, D。

第二，第一年，將 A 與 B 雜交，C 與 D 雜交。

第三，第二年，將 B 與 A 雜交，D 與 C 雜交。

第四，第三年，將 A 與 B 雜交，C 與 D 雜交。

第五，第四年，將 B 與 A 雜交，D 與 C 雜交。

如此類推，每年互換其種子，以作隔代雜交之用。

雜交種	種子
第一雜交種	第一雜交種
第二雜交種	第二雜交種
第三雜交種	第三雜交種
第四雜交種	第四雜交種

此種方法，係將自交之種子，每年互換其種子，以作隔代雜交之用。



## 第四編 突變育種

一、突變之意義 突然變異一名偶然變異，<sup>(1)</sup> 由荷蘭植物學家德佛禮氏所發明，他就月見草<sup>(2)</sup>五萬四千餘株，八年試驗發見七種變異，既與蒙德爾遺傳法則不倫，又可繼續遺傳不變，非徬徨變異可比，乃名曰突然變異，簡稱突變。近來育種家嘗研究繁殖此種突變以改良植物，因斯項變異之形質，從第一代起如無異花受精，即可永久不變。

茲舉拉士韋氏最近試驗為例；他為研究各種顏色之遺傳，栽培數多山小菜，<sup>(3)</sup> 忽於 1915 年發現其中有十八株變異，最著者單莖直立，永不分枝，頂端僅有一個甚大之花，與原有親本之莖多分枝，呈棱錐形，每分枝着花數朵者，大不相同。此種變異是由普通植物自花受精偶然產生，可維持永久不變；若再與其祖先雜交，突變之形質總為隱性。

但有少數生物學家對於德佛禮氏突變學說表示懷疑，如目來<sup>(4)</sup> 氏謂突變不過是異性結合體之退守因子，經交換作用，乃成為同性結合而

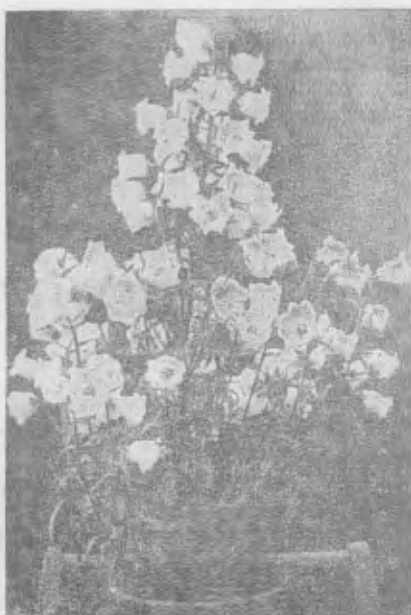
---

註 (1) 又簡名突變，西文 Mutation (2) *Oenothera Lamarckiana*

(3) *Campanula Medium* (4) Muller

出現，而達未(<sup>1</sup>)氏曾由雜交方法獲得一種雜種與德佛禮氏所得者相同。最近老脫奚(<sup>2</sup>)氏說明一切變異均由原種(<sup>3</sup>)互雜，生成各宗各支之混合體，因交換或分離作用，以演出新異之型式。

二、突變之原因 自魏司曼氏以後，所謂變異兩種，一屬於身體者，一屬於胚體者，前者不能遺傳，後者能遺傳，故突然變異當起於胚體原形質上。當胚細胞成熟分裂時，若有外界特殊之勢力加之，自可致染色體之分佈失其常



第三十四圖 山小棠之多花普通種(自作)

態，或染色體之成分構成新異之形質，德佛禮氏之月見草，中有幾種突變，大概屬於此種原因；例如拉馬克月見草(*Oenothera Lamarckiana*)之染色體數為14，而其同屬之 *O. lata*, *O. albida* 諸種染色體數各15，*O. semigigas* 數為21，*O. gigas* 數為28，凡此種染色體之數變，似由染色體分裂時遭受異常刺激而起，

然突然變異亦有起於染色體內之成分中者，其染色體數毫無改變，獨形質不同，蓋此由於因子交換時，遭受外界或內部之激烈勢力，致染色粒或遺傳因素頓起化學的或物理的變化。據芭脫宋氏解釋，遺傳新因

註 (1) Davis (2) Lotsy (3) Elementary species

子之增加，決不來自外界，新遺傳之因子恰與化學上新化合物之分子相似，蓋新化合物之成生，實不過舊原素之新結合而已。

此種新結合即胚體原形質之變化，究竟可否藉外界條件而誘發，現尙無確實證據足以說明，如果可利用人工誘發，則生物進化必更有一大轉變。

三、突變之應用 在農業界，尤其園藝部分，由突變而來之優良作物品種，在在皆是，惟斯項變異之產生，完



第三十五圖 山小葉之單花突變種（自作）

全是偶然的或天然的，既無線索可尋，亦少方法可促成；故欲求得新異之突變形質，只可在各羣植物中隨時仔細觀察而已。至其後育種法，每個突變種等於單穗行之一株植物或第一年之一株選本，依照純系育種法，妥為選擇培植，並須令其自花受精，經過二三年之觀察，則可判定其是天然雜交，抑確是突然變異，如屬後者，再繼續繁殖推廣。

人工引變法園藝家早有利用，如以過肥土質，非時溫濕，特異光線，刺激藥品以及人工交雜，繼續剪枝，均有促進突變產生之可能，然均不



## 第五編 無性繁殖改良法

利用無性繁殖法改良植物，如嫁接、插條、芽接、栽種塊莖等，在農業應用上甚關重要；尤其是在園藝方面及溫熱帶地方，普遍廣多。因此項繁殖法既快簡，而又易成功，所需要之美性，可完全保存無損。且木本植物經一次改良可收穫數年或數十年不等，草本植物經無性繁殖改良後，雖不能生長長久，但有時亦可選取其種子繼續繁殖也。

一、嫁接雜交種 由兩變種，或不同種或不同屬之植物嫁接後，發生一種新個體名曰嫁接雜種。(1)斯項雜交種由枝條或幼植物互相接合，換言之，由接穗與砧木共同生活之結果而成。茲將九克來氏(2)用蕃茄(3)與龍葵(4)（野馬鈴薯）嫁接之試驗(5)略述於後：

嫁接法用搭接或插接，前者接穗與砧木均削成斜面，使之搭合，後者接穗一端切成尖銳，插入於砧木中間之裂縫；俟接穗與砧木兩植物組

---

註 (1) Hybrides de greffe 一名 Chimères (2) Winkler (3) *Solanum Lycopersicum* (4) *Sol. nigrum* (5) 參看 *Les hybrides de greffe et les chimères chez les plantes* (法文) 或 *Über Pflanzliche Chimären und pflanzliche Chimären*, 柏林, 1907.

織密切結合生長時，再用利刀從接穗下端由嫁接所生之結節部分削除，使接穗與砧木聯合之組織暴露。如此，在切面發生之芽枝，生於接穗組織上者，其性質常似接穗，生於砧木組織上者，其性質常似砧木；若生於前後兩組織者，則賦有接穗與砧木兩性質，此之謂嫁接雜交。

此項嫁接雜交通常依生長部位不同，又可別為區分雜交<sup>(1)</sup>與周緣雜交<sup>(2)</sup>兩種：第一種由初生細胞並列繁殖而成，其枝條上之葉一半為接穗，一半為砧木；若在兩種組織交合線上所生之葉，則有似接穗者半，似砧木者又一半。第二種由初生細胞疊合繁殖而成，其枝條之組織有似砧木亦有似接穗者，例如外部組織似接穗，而內部組織似砧木；至枝條全部之形態，或成中間性，換言之，不完全似砧木，亦不完全像接穗；甚或變成一種新性質，不似砧木，又不似接穗。上項各種現象九克來氏均有試驗結果證明。

通常嫁接雜交大半為第二種周緣雜交，在農業上頗有利益，若此種雜交種為可生育的，可遺傳的，則可用種子繁殖，否則亦可用無性繁殖法繁殖。

九克來氏更有深刻之探討，據他云：達爾文馬鈴薯<sup>(3)</sup>之性細胞花粉粒中，染色體之單數為24，皮部細胞中染色體之倍數為48；是由龍葵與蕃茄雜交而成；因龍葵之皮部細胞中有72個染色體，而蕃茄僅有24；故二者相加和數為96，平均則適為48，此達爾文馬鈴薯之皮部細胞內染色體之所以為48也。但包洛氏否認此項理論確實，究竟如何，尙待

註 (1) *Chimères sectoriales*

(2) *Chimères periclinales*

(3) *Solanum Darwinianum*

## 試驗證明。

最古之一個嫁接雜種是在 1826 年用 *Cytisus purpureus* 嫁接於 *Cytisus Loburnum* 上未成功時，忽發生新異形態之植物，外緣組織類接穗，內部組織類砧木，名曰 *Cytisus Adami*。在法國東部有一著名嫁接雜種，原來接穗為枇杷樹，<sup>(1)</sup> 砧木為山楂樹，<sup>(2)</sup> 由節結處產生之枝幹，有似接穗者亦有似砧木者，乃名曰山楂枇杷樹。<sup>(3)</sup> 他如梨樹嫁接於木瓜樹上，所生之雜種名曰 *Pirocydonia*，桃樹嫁接於胡桃樹上，所生之雜種名曰 *Amygdalopersica*，以及檸檬柑橘等果樹彼此交配，亦嘗得雜種，均與人生有利益關係。

二、接穗與砧木之交互作用 接穗與砧木交互影響之問題，學者意見頗不一致，爭論已久。但在果樹園藝中，施行嫁接法繁殖時，總依接穗之生長力與早熟性，而選擇砧木；例如蘋果樹，通常發育迅速之種接於野蘋果樹上，發育適中之種接於 Doucin<sup>(4)</sup> 上，發育矮小之種接於 Paradis<sup>(4)</sup> 上，又如梨樹發育高大之種用棠梨樹作砧木，餘用木瓜樹。在很多地方用野生砧木，可使美品接穗適合土壤與氣候；更有應用外國者，例如法國葡萄樹現今不怕葡萄虫<sup>(5)</sup>為害者，端賴接於美國葡萄樹之砧木上，因美國葡萄樹根皮部頗堅厚，可以阻止此為害廣大之惡虫也。

然由嫁接所得之新品質，可用種子繁殖，抑僅可用無性繁殖？此問

註 (1) *Mespilys germanica*

(2) *Crataegus monogyna*

(3) *Crataegomespili*,

(4) Doucin, Paradis 二者各為蘋果樹中之一種。

(5) *Phylloxera* 為害葡萄樹最大者。

題甚關重要，但至今尚未解決，法國達尼愛(1)氏與德國包洛氏為斯項研究最著名人物，二者言論總處於對立地位。

達尼愛氏在嫁接法上試驗甚多，很值得評論，如異科植物之嫁接，異屬植物之嫁接，嫁接變異之遺傳，接穗與砧木之交互影響；尤其是在接穗與砧木間，加入一段中間接木，以造成嫁接後多數共生(2)之現象；均為有價值之研究。又其試驗中最有趣味之結果，是用菊芋(3)接於向日葵(4)上，在1919年接穗上忽發生空中塊莖；後將此接穗所有之種子收穫播種，第一代嫁接雜交種中仍不少植物生有空中塊莖；並且若用無性繁殖，空中塊莖亦與普通地下塊莖情形無異。

另有關於改變菊科植物塊根內之菊糖成分，亦為有價值之試驗：達尼愛氏曾用各種菊芋，或一年生植物不含有菊糖，或多年生植物含有少量菊糖，互相嫁接，所得之雜交種中亦有少量菊糖或全無者。例如用三種植物嫁接，有 *Helianthus tuberosus* + *Rudbeckia* + *Helianthus tuberosus* 中間接木及地下塊根均含有菊糖者；有 *H. tuberosus* + *Rudbeckia* + *H. annus*，全部不形成菊糖者；有 *H. tuberosus* + *Maduria* + *H. tuberosus*，接穗上形成菊糖，以致葉片發生斑點者；有 *H. annus* + *H. tuberosus* + *H. annus*，中間接木含有菊糖者；由此推論，凡直接共生之嫁接樹木中化學成分，均可自由存在或改變。

總之，接穗與砧木因共生之關係，彼此細胞液互相交換，在生理上自然有多少之影響。但達尼愛氏宣言由嫁接所生之穫得性可以遺傳，多

註 (1) Daniel (2) Polysymbiose

(3) *Helianthus tuberosus* (4) *Helianthus annus*



數學者仍否認之。據包洛氏批評，通常嫁接所用之植物多非純系，以致發生錯誤；且嫁接之植物多屬異花愛精，故接穗與砧木或附近植物易受天然雜交，產生新品質；若試驗者對於上兩點，未加精細防除，概謂嫁接變異可以遺傳，則不免失實。

三、芽條變異 當芽生長時受食料光線溫度等外界影響所產生之變異通常是非遺傳性，但若變化深刻有時亦可遺傳，名曰芽條變異或芽條突變。<sup>(1)</sup>此項變異嘗發現於果樹園藝中，詳細情形俟述於後篇，此處略述其梗概。

芽條變異能遺傳者甚少，據刀洛色氏<sup>(2)</sup>研究，在 634 種蘋果樹中，僅有四種，在 682 種李樹中，僅發見一種最著名之芽條變異，要推熱帶一種羊齒名曰 *Nephrolepis exaltata*，產生芽變種，名曰 *bostoniensis*。在美國，柑橘類果樹亦有斯項變異，例如 *Californie* 及 *Floride* 等地方果樹園藝中，由芽變而育新種者，已不下十餘，不特果實與原有品種不同，即葉之形態，植物生長力，亦頗有差異。故該地利用嫁接法增加產量，已得顯著之成績。法國果樹園中嘗聞同一品種之蘋果樹在同一環境中發生產量上之差異，有時用無性繁殖法繁殖，即可得新果品種。但斯項變異仍與突然變異相同，可在天然界偶然得之，不可視為改良植物之主要法則也。

然大都園藝作物及甘蔗、甘藷等均待芽選之改良矣。

註 (1) Mutation gemmaire, mutation de bourgeon = Bud-sports.

(2) 參看 The inheritance and permanence of clonal varieties, Dorsey. Proc. Amer. Soc. Hortlc. Sci. 1916.

**四、塊莖選種法** 此類作物可以馬鈴薯、山芋為代表，普通以穴為單位，因同穴中之塊莖或塊根，遺傳形質總相同，有不同者，必環境使然，即習得性是。馬鈴薯之選種以品質優良，形狀整齊，及塊莖數多（以每穴言）為目的，通常第一年選擇優良單穴，作次年育種試驗之材料，第二年繼續選擇，作第三年之材料，若第二年某品系確比標準區優良，可將一部分材料用為繁殖，另一部分繼續試驗；故馬鈴薯、山芋類作物之育種，收效較快。

## 第六編 附錄

### 第一章 移傳現象

移傳<sup>(1)</sup>現象爲 1881 年孚克氏<sup>(2)</sup>所發明，即當交配後，父之形質直接表現於母體之胚、胚乳、種皮或果實之上。最顯著之例有玉蜀黍，若將種皮光滑之糖玉蜀黍之花粉交授於種皮縐紋之澱粉玉蜀黍之雌蕊上，所結種粒立呈父體之光滑形質。照普通遺傳法則，光滑對皺紋爲顯性，須於第一代雜交種( $F_1$ )體上發現，而此竟直接表現於母體( $P_1$ )上。

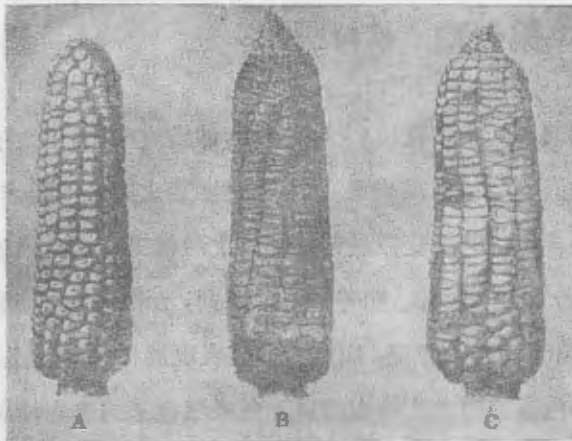
他如用白色或黃色玉蜀黍之花粉交配於赤色或黑色玉蜀黍之柱頭上，種子立呈赤色或黑色。又如用粳稻之花粉交配於糯稻柱頭上，種子中立生粳性胚乳。

至俄國人拿哇色坎<sup>(3)</sup>與法國人巨衣个拿洛<sup>(4)</sup>二氏研究後，始

註：(1) Xenie, 一譯直感 (2) Focke, Die Pflanzenmischlinge (植物雜交種) Berlin, 1881, (3) Nawaschlin, Resultats d'une revision du processus de la fécondation chez *Lilium Martagon* et *Fritillaria tenella* (4) Guignard, Sur les antherozoides et la double copulation sexuelle Chez les Vegetaux angiospermes.

種質移傳，是起於性細胞中有重複受精(1)之作用，因雌性細胞中胚囊上端有四個小細胞，即一個卵球，二個助胎細胞，一個上極核，其下端又有四個小細胞，即三個反足細胞，一個下極核，當兩性細胞起受精作用時，第一雄核與卵球結合而成胚，第二雄核與上極核及下極核結合而成胚乳，所謂重複受精是也。當此重複受精時，凡顯性之形質，如上項光滑、赤色或黑色、糯性等可直接移傳，而隱性形質不能出現。

第三十六圖 重複受精之移傳現象(自作)



- A. 種皮光滑之玉蜀黍
- B. 種皮皺紋之玉蜀黍
- C. 由 A 之花粉粒受精於 B 之子房柱頭上而成半光滑半皺紋之種皮。

但有時用赤稻之花粉雜交於普通稻之柱頭上，所得種粒不呈赤色；反之，用普通稻之花粉雜交於赤稻之柱頭上，所結種粒又為赤色，何也？蓋因此項赤色素存於稻實之最外層，非由受精後生成之部分，乃在開花受精

前已經形成矣。

移傳之形質總為顯性之形質，即為第一代雜交種之現象，故觀察顯隱性有時不待第一代雜交種產生後即知。

註：(1) Double fecondation

## 第二章 相關性

相關性(1)是指生理上無關之兩形質而有連帶表現作用,換言之,此增彼亦增,此減彼亦減,名曰『正相關』,另有此增而彼減,此減而彼增,名曰『負相關』。前者如小麥莖之節長度與種粒粗大,棉之種籽重量與纖維重量等是其例;後者如小麥之早熟性與產量。棉之衣分與纖維長度等是其例。

過探先先生曾云:「棉之衣分高者其纖維不長,纖維長者其衣分不高,明乎此,育種者方不致徒勞無功。」可見其視相關形質之重要也。

茲舉一試驗說明如何計考相關性之正負及其程度:例如考察玉蜀黍發育強度與產量關係:先培植 50 株強者及 50 株弱者,於同一環境中,凡生長狀況,莖之長度,穗之多寡等均隨時記載,至收割時所得產量如下:

每穗種子重量	強株	弱株
0 至 50 公分(克)	0	5

註: (1) Caractère Correlatif 一名相關作用 Correlation

50 至 100	0	5
100 至 150	2	10
150 至 200	4	9
200 至 250	7	8
250 至 300	8	6
300 至 350	11	4
350 至 400	8	1
400 至 450	2	0
450 至 500	3	0
500 至 550	1	0
總數	46	48

強株每穗重量至少在 100 克以上，弱株每穗重量在 100 克以下者，佔  $\frac{1}{2}$ ，並且強穗重量超過 300 克有半數，弱穗則有  $\frac{2}{3}$  在 200 克以下，若平均計算，強穗 221.7 克，弱穗僅有 109.6 克。另如穗軸強者 41.7 克，弱者 38.8 克，故穗軸重量與種子重量之比，強者 19%，弱者 24%。由此觀之，生長強度與產量成正相關，已無疑矣。

然可進一步測驗兩種形質相關之程度若何，達王卜氏 (1) 公式是：

$$r = \frac{\Sigma D_1 D_2}{n b_1 b_2}$$

$r$  = 相關係數     $\Sigma$  = 總數

$D_1$  = 第一個形質與平均數之相差

註：(1) Davenport

$D_2$  = 第二個形質與平均數之相差

$b_1$  = 第一個形質標準偏差

$b_2$  = 第二個形質標準偏差

$n$  = 各個形質計算數

相關正號爲+, 相關負號爲-, 正相關之係數最大者爲 +1, 負相關之係數最大者爲 -1; 彼此形質無相互之作用, 則以零代之。故 +0.9 示最強之相關, +0.1 示最弱之相關。

據个良唐氏(1) 依照上項公式計算玉蜀黍之種粒與穗軸之相關係數如次:

(一) 穗軸狀態與

(1) 穗粒總重量	+0.4118 ± 0.0095
(2) 各種粒重量	-0.0185 ± 0.0114
(3) 種粒長度	-0.1789 ± 0.0110
(4) 種粒厚度	-0.1053 ± 0.0113

(二) 穗軸重量與

(1) 穗粒總重量	+0.3064 ± 0.0103
(2) 各種粒重量	-0.1837 ± 0.0110
(3) 種粒長度	-0.0747 ± 0.0113
(4) 種粒厚度	-0.1500 ± 0.0111

(三) 穗軸密度與

(1) 穗粒總重量	-0.0728 ± 0.0113
-----------	------------------

註: (1) Grantham

- (2) 各種粒重量  $-0.1959 \pm 0.0111$
- (3) 種粒長度  $+0.0039 \pm 0.0113$
- (4) 種粒厚度  $-0.0513 \pm 0.0114$

然在育種學之真實相關，尚須探討是由遺傳因子相吸引或相拒斥之作用，抑由兩個以上因子在染色體上聯結遺傳所致？如 epautre 小麥穗軸脆弱與小穎內閉之相關，無法消滅，即其一例。

關聯之極數示 1.0+，關聯之極數示  
 關聯時之極數與普通之乘積正負符號上照前 (1) 式計算之  
 : 完成期

	與實有種群 (一)
$3600.0 \pm 811.0 +$	量重種群 (1)
$1110.0 \pm 781.0 -$	量重種群 (2)
$0110.0 \pm 871.0 -$	實長種群 (3)
$3110.0 \pm 870.0 -$	實厚種群 (4)
	與實有種群 (二)
$3910.0 \pm 803.0 +$	量重種群 (1)
$0110.0 \pm 783.0 -$	量重種群 (2)
$3110.0 \pm 771.0 -$	實長種群 (3)
$1110.0 \pm 005.0 -$	實厚種群 (4)
	與實有種群 (三)
$3110.0 \pm 8270.0 -$	量重種群 (1)

註: (1) Grantham



### 第三章 種苗之檢驗與新品種之保護

前述改良植物之普通法則，爲育種家，選種家，從事改良植物之技術人員，研究改良植物之學者，自家去努力創造更有利益之植物，新奇之品種。然改良種一旦推廣後，必須政府予以嚴厲之保護：一須檢查品種之賣買，以保持新種永久之純淨，農民得受其惠。二須立法保護創造新品種者之專利，使奸商不致冒牌，小人盜名竊利，沮喪發明家之勇氣。

我國現僅設有蠶種檢查所，作物種籽尚未聞有檢查之施行，但此爲今後農業界不可少主要工作之一。茲將歐洲比利時等國對於改良種之推廣與檢查諸法規略述於後：

比利時係一最小之國家，該國所有改良種子事宜，均由國立植物改良場主持之，凡私人有新品種可以下三種方法推行。

1. 將新品種連同土種二種每種五公斤，寄至國立育種場，由其分發至各地分場，逐年試驗，如果較土種好，即可迅速推廣。

2. 用 50 至 250 公斤種子總量，分發於各地著名農場比較耕種，再由國立育種場檢查一切，如承認新品種優良，即可推廣。

3. 上兩方法尚有流弊，惟現今通行之第三種方法較善。凡新品種第

一次繁殖，或由國立育種場分場行之，或由各地著名農場行之；均由育種場負考查之責。種子出賣之價格，較普通提高 25%。此後宜保持新種之純淨，每年發賣之地方、面積、重量及售買之人名，須一一報告國立育種場。該場第一在植物收割前若干時，親往田地，檢查種子之純淨抗病力抗旱力……第二往各繁殖場所檢查脫殼；第三檢查選穀。上三項手續完畢後，如育種場認為可發賣，給以證書，同時出賣之種子須用袋妥行裝置，各袋口用鉛封鎖。茲將種子檢驗與新品種保護之法規之重要部分略述於下：

#### 一、種苗檢驗之規程（比利時）

第一條 政府為促進改良種子推廣與販賣，設立植物改良場檢查一切流行之種苗。

第二條 種子之檢查既有利於產主，復可使買主得有相當之保證，純淨及來源。

第三條 凡賣買或交易之種子一律須受植物改良場檢查。

第四條 凡出賣種子之產主或商人須在播種前若干日（至少八日）請求植物改良場檢查，而後售賣。

第五條 請求書須照應有之格式填寫，不可絲毫忽略，例如品種名稱，品系號數，品種來源，以及耕種面積，土壤成分等均須一一敘明。

第六條 凡請求檢查耕種者須付每公頃五佛郎之檢查費，面積不足一公頃者，照一公頃計。

至給種子發賣許可證時，每百公斤納稅五佛郎，在脫殼時付清。

第七條 植物改良場場長之簽字負完全檢查之責。

第八條 田地中之檢查由改良場遴派視察員或專員行之。

第九條 凡由已檢查之田地中收穫之種子，須經過第二次脫穀檢查及第三次選穀檢查後，方給售賣證。

第十條 改良場可隨時派人至打穀地及刷穀地採取樣品或送自家場內檢驗，或寄別場檢驗。

第十一條 凡改良場視察員認為必要時，農人須供給一切之材料或說明。

第十二條 改良場對於各發賣種子之商場，不特檢驗種籽，並須檢查應用之設備及技術。

第十三條 如改良場認為須至田地考察時農人宜妥為引導；他如遇播種時、脫穀、選穀、預防病害時，農人亦須招待檢查。假使改良場之委員，因某項原因，否認是優良種籽，售賣證立即撤回。

第十四條 若有農人鼓動反對現行之規程，改良場可拒絕其登記。

第十五條 凡改良場認可為改良種，必須具以下條件；種子純淨，發育齊一，來源確實無草籽，無病毒，無雜種或雜交。

第十六條 當種子出賣時，須檢驗純淨、乾燥、發芽力、色澤、嗅味及重量等是否不違背規定。

第十七條 在檢驗各種樣品之後，改良場可向農人報告，某某品種如何。

第十八條 凡出賣之種籽，袋口須用鉛封閉，上蓋改良場之印，並繫一說明書，註明品種名稱、產主姓名、檢驗號數、來源、純淨、無病……。

第十九條 凡農場、商店、農人或選種聯合團體發賣之種子，均須

經過改良場之檢驗及服從此規程。

比國現在種子之檢查，僅由植物改良場任之，將來必由植物改良場場長，農部部長，農學專家，種商聯合會會長，農學會委員組織種子檢驗委員會負行檢驗事宜。

荷蘭國種子檢驗之規程與比利時大略相同，但職權由中央種苗檢驗委員會負之，其檢驗規程可分下四項：

1. 凡發賣之種子須經過檢驗。
2. 凡檢驗之種子至少須保證無雜種，無錯誤。
3. 田間檢驗尤注重純淨病害等問題。
4. 當收割時脫穀時，須絕對避免異種混入；而後力求貨品之優良，篩剔之淨潔，並且十分乾燥，發芽率強。

凡種苗能符合檢驗之條件，給以許可證及鉛印，准其發賣。

## 二、新品種保護之法規

萬國農業院（羅馬），萬國育種聯合會曾早建議各國政府施行保護新品種之法律，現今實行者亦已多矣。

荷蘭一九二四年十月二十一日所通過之法規如下：

第一條 每年八月由國立植物改良研究院宣布荷蘭國中主要作物之品種名稱，本國種或外國種之來源，均一一註明；遇必要時，品種產生之地名或人名亦詳敘無遺。

第二條 植物改良研究院每年調查各地之主要作物之品種，於七月一日以前刊行臨時目錄，寄於國家農事參議院。植物病理防治所，種苗檢驗試驗場，田間植物評判委員會，以及其他有關係之機關。

第三條 凡許可之新品種其價值在實習上尙未確實證明，可臨時登記，但斯項登記，除有特別情形外，至多三年。

第四條 凡新品種如第一條經過研究院之登記，育種者或代權人可在規定情形下發賣，換言之，必須保證該品種之純淨，凡尙未著名之品種，每年經研究院檢驗後，方准推銷。

第五條 凡有新品種者須於每年六月以前，向植物改良研究院請求登記，請求書上註明地點，耕種地畝。前兩年作物之概況，並須說明該品種之形質及特徵，保證其價值不受任何環境之影響。

上五條規程大有利於育種人或育種場，因可使新品種更易繁殖推廣，保持純淨也。大概新品種成立之步驟，先請求植物改良研究院登記，該院當用小面積舉行比較試驗，如第一次成績優良，准予登記，如是新品種之名稱得以成立。假使第二次試驗或由該院分發各省分場試驗，產量又較普通種強，則該品種大可宣傳推廣矣。反之，前項試驗之結果，不能滿足希望之條件，則取消其名，拒絕登記，而易以他項品種。故良好品種可永久保持純淨；至假冒品種實難僥倖偷售也。

波蘭國遇有新品種須先由各省種苗改良場分場代向中央種苗改良場請求登記；如許可暫時登記，分發各地行比較試驗，如收成良好，方准正式登記推廣。

捷克斯拉夫有 1921 年三月十七日之憲法，規定檢查種苗之方法，亦大有可參考之處。

第一條規定有「原種」「證明種」「登記種」諸名稱者，須先具備下項之手續。

由農政部組織中央種苗檢驗委員會，凡發賣種子之商場或私人試驗場均須向該會請檢驗證，無論原種或試驗種同時附寄種籽、穗……樣品以便登記註明，樣品歸檢驗所有。如准予登記，後公開宣布，通報農業聯合會及農政部。但原種須分類列入，試驗種須經過公立場所實行比較試驗數年，方得確實判決。

凡發賣之種苗須由指定國立或省立場所負責檢驗，如發賣人有犯罪行為由該種機關轉報司法機關判斷執行，例如犯假冒之罪，重可處六個月之有期徒刑，或處罰二百至二千捷克斯拉夫國幣，並將原貨物充公。倘有再犯者必須處以徒刑，同時罰金二千。此項罰金由農政部分發作為改良植物之用費。

育種場或農人如用詐僞手術，騙取檢查證，發覺後可禁止其登記，期限六年。

1921年六月二日之憲法，適為補充前者；該憲法中第二條規定「原種」之名稱，須由科學育種方法得來。第三條規定試驗種苗分下四項：

1. 原種種苗
2. 第一代原種種苗
3. 第二代原種種苗
4. 地方種苗

請給原種證書須經過農政部三年實地考察，如試驗室、育種地、繁殖區，以及選種、剔種機器、工廠等設備，不可稍有疏忽。原種證書上必須註明由純系育種法，抑由集團育種法而得者。證書之給否通常根據田間之觀察及種苗樣品之分析。

至原種登記簿上更宜詳細敘述下數項：

1. 育種場或育種人之名稱及地址。
2. 品種來源。
3. 標記或商標。
4. 育種方法。
5. 品種特徵。
6. 選種設備。
7. 品種優點。
8. 登記有效之期限。

凡賣主須將名號住址及種苗性質、數量填清交與買主，以備監督機關臨時檢驗。

法蘭西有 1922 年十一月五日與 1923 年七月八日兩次憲法規定改良種登記方法，至 1926 年三月二十六日復有第三次憲法補充之。<sup>(1)</sup>

故法國保護新品種之規程，更較完備。

1922 年憲法第一條曾云：凡有人育成或發明一種新品種時，可向農政部設立之各省農業公所<sup>(2)</sup>請求登記。

第二條規定此項法規由農政部布告適用所有作物之新品種。

第三條有云：在若干情形下，特別繁殖法可保守秘密。

第四條更云：凡請求登記改良種；不但須註明新植物之特徵，並須

---

註：(1) 參看 Bussard, La protection de la propriété des nouveautés végétales et la repression des fraudes en matière de variété de blé (載在 1928 年萬國育種聯合會會刊上) (2) Office agricole

確有其優點，已被第五條規定之比較試驗所允許。

第五條又云：凡新品種之比較試驗由國立農業研究院行之，如第一年（一年生植物）或第一次（多年生植物）試驗結果圓滿，可給予得新品種之人臨時證，該臨時證，第二年保存與否，視試驗結果如何；第三年比較試驗如圓滿，得換取永久證。

第六條曾規定該永久證有效期限僅十二年，但第七條復補充云，若新品種在此期限內退化或變壞：則提早廢除。第八條又規定新品種證之占有人有權禁止他人繁殖或販賣。

至懲罰詐偽有 1925 年三月二十六日法律之規定，無論商人、農人、機關或會所出賣小麥種籽，概須包裝後，上繫標籤，證明品種名稱，純淨程度及來源，發票上亦宜照樣鈔錄，並且賣主對上項記載，須負完全責任。

該項法律第二條復禁止冒充名號，改頭換面等欺騙；凡發賣種子之名稱須與地方名稱，或目錄上名稱，或前登記名稱相符，否則認為違法。他如種子來自純系育種，發芽力至少在 85% 以上，賣主亦須保證。

總觀上項條例不外兩點：1，保證種子純淨，買者不致被騙，2，禁止假冒欺詐，從事選種事業者得有保障。然一新品種之發明或創造，不知耗費了若干金錢與血汗，若僅靠頭一二年出賣所獲之盈餘，補償以前之損失，實不可能，必須經過多年大量發賣，方可安慰育種者之苦心。因此，法國有發明專利執照（1）法律之規定，（1922 年 11 月 5 日），凡在農業上創造新品種或發明新植物得請求政府給予發明專利執照，專

註：（1）Brevet d'invention



利二十年。

此項法律不特足以鼓勵育種家努力工作，而農民與國家亦大受其惠矣。

第一節 育種家之權利

關於育種家之權利，各國法律均有規定。如德國法律，以育種家之權利，係指其對於其所育之新品種，得享有專利權而言。其權利之範圍，包括該新品種之繁殖、販賣、及在該新品種之範圍內，得享有專利權。其權利之期限，自該新品種之育出之日起，至其死亡後之三十年止。其權利之保護，由國家法律予以保障。其權利之行使，得由國家法律予以限制。其權利之保護，得由國家法律予以加強。其權利之行使，得由國家法律予以限制。其權利之保護，得由國家法律予以加強。

在德國法律中，育種家之權利，係指其對於其所育之新品種，得享有專利權而言。其權利之範圍，包括該新品種之繁殖、販賣、及在該新品種之範圍內，得享有專利權。其權利之期限，自該新品種之育出之日起，至其死亡後之三十年止。其權利之保護，由國家法律予以保障。其權利之行使，得由國家法律予以限制。其權利之保護，得由國家法律予以加強。

在法國法律中，育種家之權利，係指其對於其所育之新品種，得享有專利權而言。其權利之範圍，包括該新品種之繁殖、販賣、及在該新品種之範圍內，得享有專利權。其權利之期限，自該新品種之育出之日起，至其死亡後之三十年止。其權利之保護，由國家法律予以保障。其權利之行使，得由國家法律予以限制。其權利之保護，得由國家法律予以加強。

在英國法律中，育種家之權利，係指其對於其所育之新品種，得享有專利權而言。其權利之範圍，包括該新品種之繁殖、販賣、及在該新品種之範圍內，得享有專利權。其權利之期限，自該新品種之育出之日起，至其死亡後之三十年止。其權利之保護，由國家法律予以保障。其權利之行使，得由國家法律予以限制。其權利之保護，得由國家法律予以加強。

在蘇聯法律中，育種家之權利，係指其對於其所育之新品種，得享有專利權而言。其權利之範圍，包括該新品種之繁殖、販賣、及在該新品種之範圍內，得享有專利權。其權利之期限，自該新品種之育出之日起，至其死亡後之三十年止。其權利之保護，由國家法律予以保障。其權利之行使，得由國家法律予以限制。其權利之保護，得由國家法律予以加強。



利時襄白綠試驗場 (1913), 荷蘭 Wageningen, 波蘭 Varsovie, Cracovie 等試驗場, 俄羅斯 Leningrad 地方試驗場, 羅馬尼亞 Petrosani 試驗場, 希臘 Larissa, 瑞士 Lausanne, 意大利 Rieti, Boulogne, Rovigo, 捷克斯拉夫 Brunn, 西班牙 La Moncloa, 葡萄牙 Lishonne 等地方試驗場皆是。

在歐洲之外,近年來美國育種事業亦大有發展,農事試驗場多附屬於大學,其工作與中央農部有密切之聯絡,改良穀類、馬鈴薯、棉、稻、蔗、果實、蔬菜等作物,均有系統之組織。荷在印度殖民地,亦利用著名專家改良熱帶植物,如爪哇之 Buitenzorg, Djember, Medan, Salatiga 等試驗場皆是。英在印度之 Pusa 地方,亦設立中區試驗場,積極研究改良穀類、稻以及纖維植物,染料植物。

他如美洲之坎拿大、秘魯、阿根廷,非洲之法國殖民地,比國之殖民地,埃及,日本,非利濱,澳大利亞等國,亦莫不有改良應用植物之機關。我國育種事業,亦日見發展,其著者如金陵大學之農場, 中央大學之農場, 中山大學之農場, 浙江省稻麥改良場,棉業改良場, 廣東省農林局,中央農業實驗所,稻麥改進所……雖成績尙微,而此種趨向,已不可漠視矣。

## 第五章 育種學重要書報一覽

### 第一項 雜誌類

1. Zeitschrift für induktive Abstammungs und Vererbungslehre, (血統學與遺傳學), 柏林, 自 1908 年出版, 每年一卷。

2. Journal of Genetics (育種學雜誌), 倫敦, 自 1910 年出版, 每年一卷。

3. The Journal of Heredity (遺傳學雜誌), 華盛頓, 自 1910 年出版, 每年一卷。

4. Genetics (育種), 紐約, 1916 年出版, 每年一卷。

5. Hereditas (遺傳), 瑞典, 1920 年出版, 每年一卷, 英, 法, 德均有譯本。

6. Genetica (育種), 海牙, 1919 年出版, 每年一卷, 荷, 英, 法, 德均有譯本。

7. Bibliographia Genetica (育種書目), 海牙, 1926 年出版, 已有十餘卷, 英, 法, 德文均有。

8. Resumptio Genetica (育種雜誌), 海牙, 1926 年出版, 英,

法、德文均有。

9. Zeitschrift für Pflanzenzucht (植物實驗雜誌), 柏林, 1913 年出版。

10. Beiträge zur Pflanzenzucht (植物實驗論文), 紐約, 1917 年出版。

11. Journal of the American Society of Agronomy (美國農學會報), 紐約, 1917 年出版。

12. Scientific Agriculture (農業科學), 美國出版。

13. Congrès international d'agriculture (萬國農學會報), 羅馬、巴黎, 英、法、德文均有, (不定期刊)。

14. Bulletin de l'association internationale des selectionneurs (萬國育種學會報) 巴黎、羅馬, 英、法、德文均有 (不定期刊)。

15. Annales de Gembloux (比國農院報), 比京, 每年一本。

16. 大日本農會報, 東京, 每月一本。

17. 農業及園藝, 東京, 每月一本。

此外如 Journal of Agriculture Research (華盛頓), Compte rendu de la societe biologique (巴黎), Compte rendu de l'academie des sciences (巴黎), Revue generale des sciences (巴黎), Revue de botanique applique (巴黎)……等雜誌中亦嘗載有關於育種學之論文。

## 第二項 書籍類

### (一) 1901 年以前重要出版物

1. Jordan, A.—Remarques sur le fait de l'existence en société, à l'état, des espèces végétales affines et sur d'autres faits relatif à la question de l'espèce. (關於植物種類影響之觀察) (Bull. assoc. franc. avènement des sciences-congrès de Lyon, 26 août 1873) 巴黎、里昂。

2. Naudin, ch.—(1) De l'hybridité comme cause de variabilité (雜交爲變異之原因) (Ann. des sc. naturelle botanique 1865, p. 158) 巴黎。

(2) Nouvelles recherches sur l'hybridité dans les végétaux (植物雜交之新研究) (Ann. des sc. natur, 1881)

3. Mendel, Gregor—(1) Versuche über pflanzen-hybriden (植物雜交實驗) (Verhandt L'Naturforschendes Vereines in Brunn, T IV. 1865)

(2) Über einige aus künstlicher Befruchtung gewonnene, Hieracium-Bastarde (關於人工交配的幾種水蘭變種) (出版同上) 法文譯文載於 Revue scientifique de France et de Belgique, 1926, 英文譯文爲 "Experiments in plant-hybridation" Cambridge University Press, 1925.

4. Correns, C. (1) G. Mendels Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde (後代雜種與蒙德爾遺傳法則) (Ber. D. Botan. Gesellsch., vol. 17, 1900, p. 158)

(2) Über Levkojenbastarde zur Kenntnis der Grenzen der

Mendelschen Regeln (紫羅蘭雜種與蒙德爾遺傳法則) (Bot. Blatt, vol. 84 1900)

(3) Gregor Mendels "Versuche über Pflanzenhybriden" und die Bestätigung ihrer Ergebnisse durch die nevesten Untersuchungen (蒙德爾之植物雜交實驗及其最近試驗結果) (Bot. ztg., vol, 58, 1900)

5. Tschermak, E— Über künstliche Kreuzung bei Pissum Sativum (豌豆人工交配) (Zeitschr. f. d. Landwirth. Versuchswesen in Oesterreich, vol. 3. 1900)

6. de Vries H.— (I) Sur la loi de disjonction des hybrides (雜種之分離法則) (C. R. Acad. Sc. Paris vol. 130, 1900)

(2) Des Spallungsgesetz der Bastarde (雜種之分離法則), (Ber. d. D. Baton. Gesellsch., vol, 18, 1900)

(3) Über erbungleiche Kreuzungen (ibid, 1900) (雜種遺傳法則)

(二) 1901 年以後著名出版物

(參看前比較試驗節參考書目)

1. Babcock. and Clausen, Genetics in relation to agriculture (農業育種學), 紐約, 1927.

2. Baur E., Einführung in die experimentalle Vererbungslehre. (實驗遺傳學), 柏林, 1919.

3. Blaringhem L., Amelioration des crus d'orges (土種大麥)

之改良), 巴黎, 1910.

4. B'aringhem L., Perfectionnement des Plantes. (植物改良學), 巴黎, 1923.

5. Castle, W. E., Genetics and Eugenics, (育種與優生) Harvard University Press, 1924.

6. Conference internationale de Genetique (萬國育種學講演會第四次), 巴黎, 1911.

7. Coquidé E., Amelioration des plantes cultivées et du betail (作物與家畜改良學), 巴黎, 1930.

8. Coulter J. M., Plant Genetics (植物育種學), University Chicago Press, 1918.

9. Cuenot L., La genese des especes animales (動物生殖論) 1922, 巴黎.

10. Crew F. A., Animal Genetics (動物育種學), Edinburgh, 1925.

11. De Bruyker, De statistische methode in de plantkunde. Grand, 1910.

12. Fruwirth C., Handbuch der Landwirtschaftlichen Pflanzenzuchtung (陸生植物實驗), 柏林, 1922—4.

13. Fisher R. A., Statistical method for research workers (研究工作之統計方法), 倫敦, 1925.

14. Guyenot E., Herédite (遺傳學), 巴黎, 1924.



15. Guyenot E., La variation et l'évolution (變異與進化)  
巴黎, 1930.
16. Hayes and Garber, Breeding crop plantes (作物育種學),  
紐約, 1921.
17. Johannsen, W., Elemente der exakten Erbliehkeitslehre.  
Iena, Fischer, 1913.
18. Jones D. F., Genetics in Plant and Animal Improvement  
(作物與家畜育種學), 紐約, 1925.
19. Love H. H., The Importance of the Probable Error Con-  
cept in the Interpretation of Experimental Results (或差學說在  
解釋試驗結果上之重要), 1923.
20. Lathouwers V., Amelioration des plantes cultivées (作  
物改良學), Gembloux, 1930.
21. Morgan L. V., The Physical Basis of Herédity (遺傳之物  
質基礎), Philadelphia, 1919.
22. Morgan L. V., The Theory of the Gene (生殖之理論),  
Yale University Press. 1926.
23. Morgan L. V., Sturtevant, Muller, Bridges. The Mechen-  
ism of Mendelian Herédity (蒙德爾遺傳法則之分析), 紐約, 1923.
24. Punnett, R. C., Mendelism (蒙德爾法則), 倫敦, 1922.
25. Shull, A. H., Herédity (遺傳學), 紐約, 1926.
26. Sinnott and Dunn, Principles of Genetics (育種學原理),

紐約, 1925

27. Thomson. J. A., Herédity (遺傳學), 倫敦, 1920.
28. Tschermak E., Beitrage zur Vervollkommung der Tecknick der Baslardierungszüchtung der Vier Hauptgetreetearter. (用人工交配法改良四種主要穀類作物), 柏林, 1924.
29. Walter, H. E., Genetics (育種學), 紐約, 1925.
30. 宗正雄 育種學講義, 東京, 1931.
31. 洛夫 中國水稻育種法, 杭州 稻麥改良場 1933. (中英合訂本, Directions for Rice Improvement in China)

非吾氏 Z 表 (百分之一)

	n <sub>1</sub>									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	8.	12.	24.	∞.
1	4.1535	4.2585	4.2974	4.3175	4.3297	4.3379	4.3482	4.3585	4.3689	4.3794
2	2.2950	2.2976	2.2984	2.2988	2.2991	2.2992	2.2994	2.2997	2.2999	2.3001
3	1.7649	1.7140	1.6915	1.6786	1.6703	1.6645	1.6569	1.6489	1.6404	1.6314
4	1.5270	1.4452	1.4075	1.3856	1.3711	1.3609	1.3473	1.3327	1.3170	1.3000
5	1.3943	1.2929	1.2449	1.2164	1.1974	1.1838	1.1644	1.1457	1.1239	1.0997
6	1.3103	1.1955	1.1401	1.1088	1.0843	1.0680	1.0460	1.0218	.9948	.9643
7	1.2528	1.1281	1.0672	1.0300	1.0048	.9894	.9614	.9335	.9020	.8658
8	1.2108	1.0787	1.0135	.9734	.9459	.9259	.8983	.8673	.8319	.7904
9	1.1788	1.0411	.9724	.9299	.9006	.8791	.8494	.8157	.7767	.7305
10	1.1535	1.0114	.9399	.8954	.8646	.8419	.8104	.7744	.7324	.6816
11	1.1333	.9874	.9156	.8674	.8354	.8116	.7785	.7405	.6958	.6408
12	1.1166	.9677	.8919	.8443	.8111	.7864	.7520	.7122	.6649	.6061
13	1.1027	.9511	.8737	.8248	.7907	.7652	.7295	.6882	.6386	.5761
14	1.0909	.9370	.8581	.8082	.7732	.7471	.7103	.6675	.6159	.5500
15	1.0807	.9249	.8448	.7939	.7582	.7314	.6937	.6496	.5961	.5269
16	1.0719	.9144	.8331	.7814	.7450	.7177	.6791	.6339	.5786	.5084
17	1.0641	.9051	.8229	.7705	.7335	.7057	.6663	.6199	.5630	.4879
18	1.0572	.8970	.8138	.7607	.7232	.6950	.6549	.6075	.5516	.4712
19	1.0511	.8897	.8057	.7521	.7140	.6854	.6447	.5964	.5398	.4560
20	1.0457	.8831	.7985	.7443	.7058	.6768	.6355	.5864	.5283	.4421
21	1.0408	.8772	.7920	.7372	.6984	.6690	.6272	.5773	.5150	.4294
22	1.0363	.8719	.7860	.7309	.6916	.6620	.6196	.5691	.5066	.4176
23	1.0322	.8670	.7806	.7251	.6855	.6555	.6127	.5615	.4989	.4088
24	1.0285	.8626	.7757	.7197	.6799	.6496	.6064	.5545	.4919	.3997
25	1.0251	.8585	.7712	.7148	.6742	.6432	.6006	.5481	.4851	.3902
26	1.0220	.8548	.7670	.7103	.6699	.6382	.5952	.5422	.4788	.3824
27	1.0191	.8513	.7631	.7062	.6655	.6346	.5912	.5377	.4738	.3751
28	1.0164	.8481	.7595	.7023	.6614	.6303	.5866	.5326	.4682	.3674
29	1.0139	.8451	.7562	.6987	.6576	.6263	.5823	.5279	.4630	.3600
30	1.0116	.8423	.7531	.6954	.6540	.6226	.5783	.5234	.4581	.3550
60	.9784	.8025	.7086	.6472	.6028	.5687	.5189	.4574	.3746	.2352
∞	.9462	.7636	.6651	.5999	.5522	.5152	.4604	.3908	.2913	0

Z 表 (百分之五)

	$n_1$									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	8.	12.	24.	$\infty$ .
1	2.5421	2.6479	2.6870	2.7071	2.7194	2.7276	2.7380	2.7484	2.7588	2.7693
2	1.4592	1.4722	1.4765	1.4787	1.4800	1.4808	1.4819	1.4830	1.4840	1.4851
3	1.1677	1.1284	1.1137	1.1051	1.0994	1.0953	1.0899	1.0342	1.0781	1.0716
4	1.0212	.9690	.9429	.9272	.9168	.9093	.8993	.8885	.8769	.8639
5	.9441	.8777	.8441	.8238	.8097	.7997	.7862	.7714	.7550	.7368
6	.8948	.8188	.7798	.7558	.7394	.7274	.7112	.6931	.6729	.6499
7	.8606	.7777	.7347	.7080	.6896	.6761	.6576	.6369	.6134	.5862
8	.8355	.7475	.7014	.6725	.6525	.6378	.6175	.5945	.5682	.5371
9	.8163	.7242	.6757	.6450	.6238	.6080	.5862	.5613	.5324	.4979
10	.8012	.7058	.6553	.6232	.6009	.5843	.5611	.5346	.5035	.4657
11	.7889	.6909	.6387	.6055	.5822	.5648	.5406	.5126	.4795	.4387
12	.7788	.6786	.6250	.5907	.5666	.5487	.5234	.4941	.4592	.4156
13	.7703	.6682	.6134	.5783	.5535	.5350	.5089	.4785	.4419	.3957
14	.7630	.6594	.6036	.5677	.5423	.5233	.4964	.4649	.4269	.3782
15	.7568	.6518	.5950	.5585	.5326	.5131	.4855	.4532	.4138	.3628
16	.7514	.6451	.5872	.5505	.5241	.5042	.4760	.4423	.4022	.3490
17	.7466	.6393	.5811	.5434	.5166	.4964	.4676	.4337	.3919	.3366
18	.7424	.6341	.5753	.5371	.5099	.4894	.4603	.4255	.3827	.3253
19	.7386	.6295	.5701	.5315	.5040	.4832	.4535	.4182	.3743	.3151
20	.7352	.6254	.5654	.5265	.4986	.4776	.4474	.4116	.3668	.3057
21	.7322	.6216	.5612	.5219	.4938	.4725	.4420	.4055	.3599	.2971
22	.7294	.6182	.5574	.5178	.4894	.4679	.4370	.4001	.3536	.2892
23	.7269	.6151	.5540	.5140	.4854	.4636	.4325	.3950	.3478	.2818
24	.7246	.6123	.5508	.5106	.4817	.4598	.4283	.3904	.3425	.2749
25	.7225	.6097	.5478	.5074	.4783	.4562	.4244	.3862	.3376	.2685
26	.7205	.6073	.5451	.5045	.4752	.4529	.4209	.3823	.3330	.2625
27	.7187	.6051	.5427	.5017	.4723	.4499	.4176	.3786	.3287	.2579
28	.7171	.6030	.5403	.4992	.4696	.4471	.4146	.3752	.3248	.2516
29	.7155	.6011	.5382	.4969	.4671	.4444	.4117	.3720	.3211	.2466
30	.7141	.5994	.5362	.4947	.4648	.4420	.4090	.3691	.3176	.2419
60	.6933	.5738	.5073	.4632	.4311	.4034	.3702	.3255	.2654	.1644
$\infty$	.6729	.5486	.4787	.4319	.3974	.3706	.3309	.2804	.2085	0