

沈學年著

作物育種學汎論

竺可楨題

沈學年著

作物育種學汎論

竺可楨題

自序

作物育種學課程，各大學農學院分兩學期講授，每學期為三學分。第一學期可先授汎論，第二學期再授各論。如此，則教學者可先將一般育種原理於第一學期講解完畢，免得第二學期講各論時，有牽扯重複之弊；而研習者可先打定育種學之一般理論基礎，免得聽各論時，有摸不清頭緒系統之苦。作者有鑒於此，乃本十餘年來教學之經驗，編成此書，以供研究作物育種學者之參考與探討。

本書以農藝作物及園藝作物為對象而撰述，蓋二者育種之原理完全相同，惟各論則因所研究之植物不同，當分別論述焉。作者編著此書，承馮澤芳、吳耕民兩先生之鼓勵，承沈煜清先生協助整理初稿；承儲椒生先生製圖；皆煞費苦心，特於書首敬表謝忱。

沈學年序於浙江大學農學院

民國三十七年一月

作物育種學汎論目錄

	頁次
第一章 結論.....	1—11
第一節 作物育種之意義.....	1
第二節 作物育種之可能.....	4
第三節 作物育種之重要.....	6
第四節 作物育種與其他科學之關係.....	8
本章討論問題及參考文獻.....	10
第二章 作物育種之演進.....	12—39
第一節 作物育種意識之萌芽.....	12
第二節 作物育種技術之草創.....	18
第三節 作物育種原理之闡發.....	23
第四節 作物育種方法之確立.....	23
第五節 我國作物改進史.....	32
本章討論問題及參考文獻.....	37
第三章 育種與演化.....	40—60
第一節 達爾文主義——適應.....	40
第二節 物種之原始——變異.....	44
第三節 物種之保持——遺傳.....	49
第四節 物種之固定.....	54
第五節 演化之證據.....	57
本章討論問題及參考文獻.....	59

第四章 育種與變異	61—98
第一節 環境變異	62
第二節 因子分離及重組合變異	75
第三節 因子突變	78
第四節 染色體變異	88
本章討論問題及參考文獻	96
第五章 作物育種所根據之遺傳學原理	99—150
第一節 孟德爾遺傳法則	99
第二節 因子相互作用	106
第三節 遺傳之物質基本	112
第四節 連鎖遺傳	129
第五節 致死因子	135
第六節 數量遺傳	142
本章討論問題及參考文獻	147
第六章 植物繁殖法與育種之關係	151—169
第一節 天然自花授粉植物	151
第二節 常異交植物	155
第三節 天然異花授粉植物	160
第四節 無性繁殖作物	165
本章討論問題及參考文獻	167
第七章 育種方法之分類	170—205
第一節 引種法	171
第二節 選種法	175

第三節 雜交法.....	183
第四節 引變法.....	195
本章討論問題及參考文獻.....	203
第八章 作物育種之程序.....	206—233
第一節 計劃設計.....	206
第二節 準備材料.....	211
第三節 分離純系.....	216
第四節 品種比較.....	223
第五節 連合優性.....	227
第六節 繁殖推廣.....	230
本章討論問題及參考文獻.....	231
第九章 植物抗蟲育種.....	234—255
第一節 影響植物抵抗害蟲之昆蟲習性.....	234
第二節 植物對於害蟲之抵抗性.....	238
第三節 植物抗蟲之原因.....	239
第四節 植物抗蟲力之測驗法.....	243
第五節 植物抗蟲育種之成功.....	249
本章討論問題及參考文獻.....	252
第十章 植物抗病育種.....	256—283
第一節 抗病育種之意義及重要.....	256
第二節 植物抗病之原因.....	259
第三節 抗病育種之技術.....	267
第四節 抗病育種之困難及其補救法.....	272
第五節 抗病育種應注意之事項.....	277

本章討論問題及參考文獻·····	279
第十一章 [○] 植物之自花授粉·····	284—308
第一節 人工自交之技術·····	284
第二節 自交不孕之原因·····	289
第三節 自交不孕之補救·····	297
第四節 自交後代之計算·····	299
第五節 自交之影響·····	305
本章討論問題及參考文獻·····	307
第十二章 植物之異花授粉·····	309—356
第一節 人工雜交之技術·····	309
第二節 雜種不孕之原因及補救·····	334
第三節 極端不孕·····	344
第四節 雜種優勢·····	348
本章討論問題及參考文獻·····	353
第十三章 [○] 染色體與育種·····	357—383
第一節 染色體之構造·····	357
第二節 染色體之行動·····	363
第三節 染色體之數目·····	367
第四節 染色體與遺傳·····	378
本章討論問題及參考文獻·····	382
第十四章 試驗機誤及補救·····	384—394
第一節 風土影響之差誤·····	388
第二節 敵害影響之差誤·····	386

第三節	作物生長之差誤	387
第四節	人為影響之差誤	389
	本章討論問題及參考文獻	393
第十五章	改良種子之推廣法	395—404
第一節	種子推廣之意義與機構	395
第二節	種子推廣之準備	397
第三節	種子推廣之實施	400
第四節	推廣效果之維持	402
	本章討論問題及參考文獻	403
第十六章	生物統計學在作物育種上之應用	405—437
第一節	生物統計之意義及應用	405
第二節	統計材料之整理與分類	407
第三節	集中性之測定	409
第四節	離中性之測定	412
第五節	相關性之測定	417
第六節	直線迴歸	424
第七節	「卡平方」測驗	426
第八節	差異顯著性之測定	427
	本章討論問題及參考文獻	436
第十七章	田間試驗之技術	438—458
第一節	土壤差異之測定	438
第二節	適當試驗區之規劃	440
第三節	順序排列法及其試驗結果之分析	444
第四節	田間試驗之原理	447

第五節 普通隨機區集及拉丁方試驗之規劃及分析.....	449
第六節 品種比較試驗之新法.....	455
本章討論問題及參考文獻.....	457
附表(一) 經薛爾氏 x 表	
附表(二) 費薛爾氏“卡平方”表	
附表(三) 斯乃得克氏之 F 與 t 表	

作物育種學訊論

第一章 緒論

第一節 作物育種之意義

凡人工栽培之植物，謂之作物；作物爲人類衣食雜用之原料，生活之所利賴，故必力謀改良，以增進吾人類之幸福。而作物育種（Plant Breeding）者即以科學方法，改進作物之品種是也。若詳言之，則凡利用作物之變異，根據遺傳學及細胞遺傳學原理，應用生物統計方法，選擇在自然界中所原有之優種，或設法連合優性創造新品種，以達到生產者及消費者所需求之目標可供繁殖推廣者，謂之作物育種。本書所指之作物，係包括農藝作物及園藝作物而言。

作物育種既爲改良作物品種之科學，故必闡明改良之目標何在，始能澈底瞭解其意義，茲述作物改良之目標如次：

一 適合我人之需要 作物之種類繁多，需要之部份不一，如蔬菜、甘蔗、稻麥、甘藷、棉花，或則需其葉，或則需其莖，或則需其實，或則需其塊根，或則需其纖維，夫需要之部份雖異而目標則一，蓋均希望其產量高而品質佳是也。茲更分述如次：

（1）產量高 世界人口孳生不已，農產品之供給，遂日就不足，於是作物單位面積內產量之增高，乃成爲作物育種之主要目標矣。我國雖日以農立國，然農業生產，匪特無以自給，益且不敷甚鉅；僅就糧食一項而言：據戰前實業部估計，不足之數，年達八萬五千餘萬担，幾及全國需要總額之三分之一，甯不令人咋舌！蓋我國科學落後，農民墨守舊法，罔知改進，每畝土地之生產力，若與外國相較，不逮遠甚！原因雖多，而品種惡劣，實爲主因。故無怪農民終歲勤勞，尙不獲一飽，而農產品之輸入，乃成爲國家資金之一絕

大漏卮；輾轉相循，民窮而國弱矣！是故育成豐產之品種，不特爲生產者所希望，抑亦國家之所宜鼓勵。

(2) 品質佳 吾人若僅就生產者而言，固以每畝之產量增高爲首要，若就消費者之立場言之，則同時希望其品質之佳良，故昔日作物育種家皆以增高每畝之產量爲唯一目標，邇來則主張質量並重矣。例如瑞典作物育種場 (Plant Breeding Institute Svalöf, Sweden) 對於小麥之改良，過去唯知產量之增進，結果小麥雖足本國之消費，但因品質不良，製優良麵粉時，尚須摻用四分之一之加拿大小麥，使當時能質量並重，則瑞典對於小麥品種之問題，早已有完滿之解決。近來如加拿大之蒙多伯大學 (University of Manitoba, Canada)，美國之米尼蘇達 (Minnesota) 大學，及甘撒斯 (Kansas) 大學等，均悉心研究小麥品質之改良，除肉眼觀察外，復經化學科之分析成份，及麵包室之烤製麵包等工作，然後斷定品質之優劣，此種最切實之工作殊可做效，又如德國有一種牧草曰羽扇豆 (Lupine) 者，能生長於瘠土，但因其含有毒質，味苦而牲畜不食，後經育種家之多方試驗與分析，終於一百五十萬單株中，育成一味甜耐瘠之品種，遂成爲極良好之飼料矣。栽培棉花，其最後目的，爲供給紡織業之原料，紡織原料需纖維細長，則紡織支數增高；撚曲數多，則紡支拉力強；長度整齊則廢棉減少，此爲紡織上不可缺少之性質。過去中國農民所栽培之土種棉，產量低而品質劣，爲紗廠所不歡迎。迨輸入美棉，改良馴化之後，產量高而品質優，不特爲紗廠所爭購，且爲農民所樂種。他如果樹蔬菜品種之改進，尤宜注重品質，毋待贅言。

二 適應當地之環境 各種作物品種所受氣候、土壤、肥料、病蟲害等之影響，各有不同，適應力強者，生長良好，產量豐饒；反之，適應力弱者，幾至不能生存。故優良之品種，除豐產良質兩條件以外，對於適應力之增強，亦頗重要。茲舉例說明如下：

(1) 抗病 作物常因病害而蒙絕巨之損失，如用化學藥劑以防治病害，在果樹蔬菜及小規模之經濟作物固可施行，若夫大面積栽培之普通作物，如棉、稻、麥、高粱、粟、豆等，亦用藥劑防治，則殊不經濟。故育成抗病品種，使自動抵禦病害，亦為作物育種者之主要目標。如美國作物育種家海斯 (Hayes) 氏與病理學家史德曼 (Stamen) 氏之育成抗莖銹病 (*Puccinia graminis tritici*) 之小麥品種；屋登 (Orton) 氏之育成抗枯萎病 (*Fusarium nivium*) 之西瓜品種；包雷 (Bolley) 氏之育成抵抗立枯病 (*Fusarium lini*) 之亞麻品種，皆有絕大之貢獻。

(2) 抗蟲 蟲害劇烈之地，作物生產之豐歉多繫於蟲災之輕重；故防治害虫之根本方法，應有切實之研究。考害虫對於作物因好惡而有取舍；作物對於害虫，或具抵抗之特性，或有被害之傾向，若能辨別而利用之，則抗蟲品種宜有育成之可能。近世抗蟲育種之成績最著者，為美國甘撒斯大學之小麥抵抗麥蠅 (Hessian fly) 及高粱之抵抗小椿象 (Chinch bug)，他如德國孟格伯 (Munchebery) 國立育種場，於五十餘萬葡萄苗中，選得佳質而能抵抗根蚜蟲 (*Phylloxera*) 之新品種，經繁殖推廣後，頗受農民之歡迎。

(3) 抗旱 乾旱區域內改良作物品種時，應特別注意抗旱 (Drought Resistance) 問題。例如美國華盛頓州地方全年平均雨量僅 7.8 英寸，作物之生長常因旱害而受莫大之損失，經育種家之努力後，已育成一抗旱小麥品種曰 “Baart” 者能生長於全年 7.8 英寸之雨量地方，不特抗旱能力甚強，且產量亦遠超其餘品種，在同一作物中，抗旱能力既因品種而異，作物間抗旱能力復大有不同，如小麥、黑麥、向日葵、粟、高粱、掃帚草等，皆具較強之抗旱能力，育種時欲在此等作物中，選擇抗旱品種，尤屬有望。

(4) 抗冷 如我國西北各省，冬季氣候嚴寒之地，冬季作物育種時，應注意品種間之抗冷能力 (Winter hardiness)。德國西北部及

蘇聯北部，氣候更較吾國西北爲冷，以致不能栽培多小麥，後經作物育種家之努力，將抗寒能力最強之黑麥與小麥雜交，以期移授黑麥之抗寒能力於小麥品種，現已獲得成功。

(5) 肥力反應 作物不施肥料，生長固不能優良，施用過多，亦不能盡量利用，且反有毒害，此種利用肥料之能力，亦因作物之品種而異，英、德、瑞典等工業先進國家，人造肥料出產甚多，價格低廉，是以育成優種使能吸收多量肥料，亦爲育種之目標。

三 便於管理或處置

(1) 成熟一致 每見農家作物品種混雜，成熟之遲早不一，收穫時殊感困難，常造成不必要之損失，故育成優良之純系使生長整齊，成熟提早而一致，實爲切要。

(2) 幹健全，不倒伏 穀類作物如水稻、小麥等，一經倒伏，種子着地，即易發芽，損失甚大；且倒伏之後，收穫困難，故育種者常注意選擇幹健而不易倒伏之品種。

(3) 不易落粒 田間落粒較易之品種，不特減少收穫量，且因種子遺在田間，發芽後易使品種混雜，故育成不易落粒之品種，可免此弊。

(4) 耐運輸耐貯藏 果實蔬菜須運往遠處銷售或需貯藏若干時間，然後出售者，則此種性狀極爲重要。

(5) 適於加工 若干農藝產品或園藝產品，必須加工後出售者，如磨粉、製糖、榨油、紡織、罐頭，則育成之品種必須適於加工。

第二節 作物育種之可能

吾人既知作物育種爲改良作物之品種，然作物之品種是否可能改良，與夫改良而是否能達到吾人所要求之目標，應先加以檢討，否則癡人說夢，紙上談兵，何補乎實際？

攷自然界中任何生物，皆有變異，斷無二個體絕對相同者，作物亦

然。試觀生長於田間之玉蜀黍，其植株之高低，葉片之寬狹，成熟之遲早，以及種子之大小，色澤等，均有不同。若詳別之，不下千百萬種，由此可見變異之普遍矣。且以上所舉，僅為形態上之差異，其他重要性狀，如產量之多寡，品質之優劣，抵抗病蟲害能力之強弱，甚至抗冷抗旱等性狀，亦各有顯著之差別也。我國農業歷史最久，作物分布甚廣，而育種工作，又較歐美各邦為幼稚，故天然界作物品種之繁多，自在意料之中。若能熟諳育種藝術，檢別作物品種之不同，選優去劣，則五千年來所保存之品種中，定可選出產量高，品質佳，及適應力強之優種。蓋作物品種既雜，變異衆多，選優之機會即較易，而育種之可能性乃甚大。即使所選出之優種，尚有一二缺點，亦可用雜交方法連合優性，使成為完善之品種。作物育種家謬拉（Muller）氏有言曰：“宇宙間有千萬種之野生植物，其所具之性狀可以人為鑑別之。而每種植物中又包含千萬種之品種，每品種又有無數之個別差異，如以人工施行雜交，則可將此種差異相繼聯合而形成一萬全之雜種；按各地風土氣候之不同，而育成一理想中之優良品種。不特此也，生物在自然界中常有突然變異（Mutation），使育種之前途，更現無窮之希望。例如草本植物，或可變成本本；反之，木本之植物，亦可變為草本，進而言之，將來更新奇之植物，殊有產生之可能焉”。據此信條，吾人對於作物育種之可能，已無懷疑之餘地。若以過去育種之成績觀之，更可知作物育種之可能矣。試以陝西武功國立西北農學院農場之小麥育種工作為例，該場於民國二十三年選得一優良品種曰武功二十七號，經九年來之精密試驗，已證明產量高而品質佳，歷年平均產量超過本地品種百分之二十以上，且抗旱抗寒力極強，成熟早而整齊，確已成一優良品種而大量繁殖推廣於陝西關中矣。然猶不能盡符理想，蓋該品種受黃銹病，麥稈蟲之為害亦烈，且成熟時易落粒，無形中增重農民之損失。該場乃於民國二十七年使與抗病抗蟲而能不落粒之品種“武功十四號”雜交，數年來已於後代中得一產高質佳而能抗病抗蟲及不落粒之雜種，熔各種優點於一爐矣。再如

美棉當輸入我國之初，因風土不宜，逐漸退化，產量甚低而品質亦劣。但經育種家之多年馴化試驗之後，選優去劣得使美棉中之若干品種，如斯字棉德字棉等，已能適應國內之若干產棉區域，其產量品質反較生長於原產地者為優良。蓋作物各有其適宜之風土，適宜於此地者，未必宜於彼處，反之不適於此地，或可適應於他處，故若施行育種方法，則可使不適於本地風土之作物，經選擇而馴化，亦未始不可能也。又如仙人掌本生長於沙漠地，多刺而不宜喂牲畜；經育種家改良後，已成為可生長於任何土壤及無刺之品種矣。他如各種作物抗病品種之育成，甜菜糖分之增加，玉蜀黍雜交種之利用，無子柑桔之培育，莫不由育種家之努力而始告成功者也。

第三節 作物育種之重要

吾人已說明作物育種之主要意義為改良作物品種，增進農業生產，並論及此種工作，確為可能。夫增進農業生產，為解決國計民生之重要工作，久為社會人士所公認，毋待贅述。然增加農業生產，其道多端，初不僅限於作物育種而已；然以作物育種為首要，無可諱言。何則？蓋增產之途雖多，若歸納言之，然亦不過二端：一曰改善作物之生長環境，一即育成作物之優良品種是也。所謂改善環境，方法亦多，不勝縷述，茲舉其切要者而論其得失：

一曰治水利以防旱潦之患。我國西北各省，地勢高亢，氣候乾燥，作物常有缺水之虞。若能修築鑿井，引水灌漑，亦未始無豐收之望。南方水田，每逢雨季，山洪暴發，時虞淹沒，倘能築壩潞河，使排水良好，則生產亦能增加。然開渠潞河，工程鉅大，曠時需日，費用浩繁，非一二人之力短時期內所可成就。而其功效，亦不過限於河渠所經之若干地畝，並不能普遍受益也。

二曰改良土壤肥料，以增進每畝產量。蓋土壤為植物之居所，肥料供植物之營養，二者對於作物之生長，最關緊要，故改良土壤之理化性

質，與夫增加適當之氮磷鉀三要素，則農產豐饒自可預卜。然肥料之供給有限，作物之需用無窮，且有一分施與，始能獲一分收穫，所得者適足以償失。就經濟之見地言，其利益亦究屬有限也。至於改良土壤，或受自然環境之限制，或因經濟人力之困難，談何容易。

三曰防治病害蟲災，以減少意外之損失。據民國二十五年中央農業實驗所之統計，全國小麥受散黑穗病之損害為百分之七、八(7.8%)以致全國小麥損失達三千八百萬石；又據二十四年該所估計江浙兩省之稻穀，受螟災損失，合計達八千餘萬担，此僅係某種作物之一種病蟲害而言，若將全國所有作物及每種作物所受各種病蟲害之損失而總計之，則數額之鉅，更必令人咋舌！由此可知防治病害蟲災實為間接增加農業生產之要道。然吾人前已言之，欲於大面積之耕地上施以防治，不特不合經濟；即令確因此而使災害減輕，然吾人安足以保證不再發生於來年？故亦非長治久安之道。

四曰引用新式農具以增加工作效率。語云，「工欲善其事，必先利其器」，農亦何獨不然。惜我國農民，墨守成法，對於日常所用之農具，不事改良，故迄今仍有以人力耕地灌水，悠然自得，不以爲苦者。此種舊式之農具，不但費時費力，且構造簡陋，易於損壞，殊不經濟，苟引用適合於小農制之新式農具，則事半功倍，農產品之成本可減，農民之利益自增。然此不特有待於農具學家之研究，政府之倡導；而農民經濟力薄弱，是否能普遍購用，亦殊成問題也。

五曰研究栽培方法，以適應當地情形。整地、播種、除草、輪栽等栽培工作，如處置得宜，當亦能增加作物之生產。反之，工作粗放，則產量自低，不可不慎。然此亦不過一分耕耘，一分收穫，經濟之利益固有限，改良之成效亦僅屬目前，非永久之計也。

上述各種改善作物生長環境之方法，固各有相當功效，然或則需長時期之設施，一時不克見效；或則須費鉅大之資本，目前無力舉辦；或則效僅一時，不能垂之久遠。且假使環境改善之後，而所栽培之作物品

種，或生長衰弱，或量質低劣，則亦勞而無功。故國內之談改良農業者皆以改良作物品種為增進農業生產之基本工作，良有以也。語云：“種瓜得瓜，種豆得豆”，是言作物之收穫與品種有密切關係。蓋吾人知同一作物，品種繁多，優劣迥異，若以科學方法，選優去劣，或用雜交及引變手續，創造新種，則優種之育成，可以立待，且品種改良之後，其優良性狀可以永久遺傳於後代。倘生長之環境優良，則能充分利用，展其所長；即環境不佳，於同樣情形之下，其生產力亦必優於普通品種。再則此種工作，不過費試驗場中，實驗室內，數人之力，尋丈之地，結果却可推之極廣，垂之無窮。而農民之引用改良品種，既不必蕩財費力，反能一勞永逸。此作物育種之所以重要也。

第四節 作物育種與其他科學之關係

作物品種之改良，既有可能，而有種工作，復極重要，則亟待吾人之從事研究，亦不言可喻。我人應知改良作物品種之問題，牽涉之範圍甚廣，斷非育種學一種學問所能解決，譬如欲改良玉蜀黍之品種，必先知玉蜀黍為天然異花授粉作物，其遺傳組織原極複雜，須經人工自交，方可分離純系。但人工自交後，對於玉蜀黍之生長健全頗有妨礙，故又須於分離純系後，用雜交法產生雜種優勢。此種研究，已需要作物學遺傳學及生理學等之協助；倘不明上述各種科學，而貿然從事於玉蜀黍品種之改良，則未有不失敗也。納爾遜義爾(Nilsson-Ehle)氏曰：“作物育種技術居少，科學居多”。安格爾杜(F. L. Engledow)氏更申言之曰：“育種固技術，而科學實佔其主位，且育種之進步，隨純粹科學而并進。如真菌學，生理學，遺傳學等與育種之關係，至為密切”。誠哉是言！我國育種界，每誤認育種為技術，對於科學之研究每多忽視。殊不知切要問題之解決，必賴於深遠之科學智識。近世科學發達，各種學問分門別類，欲以一人之腦力，終畢生之研究，精通一切，確為事實所不許。故研究作物育種者，欲達到改良作物品種之目的，一方面須與其他