

論 著

近代田間試驗方法之演進

趙 倫 彝

農業試驗須以大自然為場所，以田園為實驗室，因此與在室內舉行之物理化學試驗，大異其趣：田間試驗係暴露於自然狀態之下，因此必須承受氣象上一切之變化，一也，田間試驗不離土壤，因此不能避免普遍存在之土壤差異，二也；田間試驗常因植物本身間之不同，為作物之個性，馴化之程度，適應力之強弱，而發生互相競爭之現象，三也；作物之栽培管理富有時間性，試驗一經失敗，短期內常無法補救，四也。他如害蟲病菌之為災，牲畜及動物之損害，人為之錯誤田間試驗每較室內者為甚，凡此種種，均足以增加田間試驗之困難，而減低試驗之準確度。

田間試驗雖有上述之困難，然從事農業試驗者，莫不希望其結果能直接為農家所採用，是以試驗地之選擇，耕作法之實施，又不能離開實際之大田情形，若干溫室或盆栽之試驗雖易於控制，惜其結果每每不能應用於大田情形。是故田間試驗雖逢到上述種種限制，然為農業試驗中所不可或缺者，如何克服以上困難，提高試驗之準確度，則田間試驗之技術尙矣。

從來研究田間試驗技術者，歸納其對象，不外；(1) 試驗區之形狀與大小 (Plot shape & Plot size) (2) 試驗區之重複 (Plot replication)，及(3) 試驗區之排列 (Layout of Plots) 本文祇就以上三者概述其演進情形，以觀近代田間試驗方法之進展及其背景。

1834年法人 Jean Boussingault 在法國阿爾薩斯省從事一組之試驗是為近代田間試驗之濫觴，當時所用試驗區面積甚大，因須與農家情形互相比較。其後數十年間農藝試驗者均喜用較大之試區，期其耕作管理與農家情形相同，以便於示範及比較。例如英國羅桑斯特試驗場 (Rothamstead Experiment Station) 此期中所用之試驗區大及半英畝至一英畝，美國喬治亞 (Georgia) 洲試驗場所做棉花試驗，試驗區面積達二英畝；1890年美國佛琴尼亞 (Virginia) 洲試驗場之 Alwood 及 Price 二氏曾研究試驗區之大小，以為在某種限度以內，試驗區之面積愈大，則其結果愈可靠，但亦承認小試區在研究成熟期及品質方面亦已够正確。1908年美國 F. W. Taylor 曾調查當時美國各試驗場所採用試驗區之大小，其變化自 1/40 英畝至二英畝，而其平均為 1/10 英畝，故在 1910 年以前，英美各國均採取較大之試區。

1910年英國羅桑斯特試驗場之 W. B. Mercer 及 A. D. Hall 二氏開始研究試區之大小與試驗誤差之關係，是為其後空白試驗 (Blank test) 之濫觴。由氏等之結果及其後 J. W. Day (1920)，R. Summerby (1925)，C. K. McClelland (1926)，G. A. Wiebe (1935)，H. F. Smith (1938)，以及國內蕭輔，潘簡良諸氏以不同作物試驗結果，試區面積乃趨小。1918

年美國農藝學會 (American Society of Agronomy) 曾調查各農藝家所採用之試區大小，知斯時試區面積自1/200畝以至1畝，大於1/10畝或小於1/80畝者極少。由此可以顯示當時試區之面積已較十年前縮小多矣。

至於試驗區所應採用之形狀，迄1920年以前尙未有定論，有主張採用方形者如美國之 C. W. Barber，有主張採用狹長形者，如美國之 T. A. Kiesselbach，英國之 S. H. Justesen，更有以爲試區之形狀與試驗誤差無所關係或關係甚小者，如英國之 W. B. Mercer 及 A. D. Hall 美國之 A. A. Bryan 迄1920年美國 J. W. Day 始證明狹長形試區而跨過最大土壤差異方向者最能減低試驗誤差。

試區之重複始於十九世紀中葉，在此以前，田間試驗均採用大形之單區，不用重複，蓋各項處理結果可以直接比較，此項措施較爲簡單並便於示範之用。1846—1847年英國羅桑斯特試驗場將試驗地縱裂爲兩半，而分別收穫，此可以目爲最早應用重複者。1870年 P. Nielsen 在丹麥試驗場 (Danish Experiment Station) 應用較完善之重複方法於其牧草試驗，1880年頃英國 Norfolk 試驗場採用規則之重複法，1888年美國開始應用重複，當時 Kansas 試驗場會應用六次之重複。但十九世紀末頁，各試驗場因限於土地及經費，又停止應用重複，而恢復曠昔之單區制度，1909年英國 A. D. Hall 及1911年 T. B. Wood 極力宣揚重複之需要，1910年 S. C. Salmon 亦在美國恢復重複之應用。由於 Salmon 提倡，美國農部穀類改良局 (Office of Cereal Investigation; U. S. D. A) 於1912年始規定重複之應用。同時期英國 E. S. Beaven 創始條狀重複法 (Strip Method of Replication) 此法對於品種比較試驗，尤爲適用。1918年美國農藝學會調查全美試驗場應用重複者已達80%以上。斯則試區重複之採用至1910年以後始經確立，距今不過三十餘年耳。

試驗區之大小，形狀，以及重複之應用，至1920年以前大體已經決定。而試驗區之排列則迄今猶日新月異，層出不窮。1920年以前，試驗區之排列，均採用規則排列法 (Systematic arrangement)，1915年美國農部之 J. A. Harris 開始證明試驗地土壤差異 (Soil heterogeneity) 之普遍存在及其對於作物試驗之重要性，於是對於規則排列法發生懷疑。1923年英國 R. A. Fisher 及 W. A. Mackenzie 創變量分析法 (Analysis of Variance)，1930年 R. A. Fisher 與 J. Wishart 復將該法應用於田間試驗，表明隨機排列法 (Randomization) 與變量分析法有不可分離之關係。1931年 J. Wishart 復將此法應用於甜菜試驗，以爲實例，同年英國 J. O. Irwin 解決變量分析法上之數理問題，使該法基礎，益趨鞏固。

繼變量分析法之發明，田間試驗之排列，遂起劃時代之改革。隨機區組法 (Randomized Block Method) 及拉丁方法 (Latin-Square Method) 先後爲試驗家所採用，複雜試驗 (Complex Experiment) 經 R. A. Fisher 於1926年建議，其後由 F. Yates 集其成，1935年 Yates 於複雜試驗著有專論，將該法發揚光大之，裂區試驗法 (Split-plot Design) 爲 Yates 於1933年所設計。1937年 E. L. Leclercq 根據甜菜之空白試驗證明裂區設計效率較隨機排列區高出53—71%，1939年 C. H. Goulden 佈置一小麥之裂區設計，包括品種，種子處理噴粉方法，及土

接種效率諸項，使裂區設計之功用，益加推廣，因子式設計 (Factorial Design) 及混雜區組法 (Confounding Experiment) 由 F. Yates 於1933年闡明其理論及實施，R. A. Fisher 於其1935年所出版之「試驗設計」 (Design of Experiments, 1935) 有詳細之描述。1937年 F. Yates 於因子式分析法復刊印專書，(英國皇家土壤局技術專刊35號) 此後數年間遂為試驗家廣為應用。1936年 F. Yates 氏又根據混雜區組法之理論，創不完全隨機區組法 (Incomplete Randomized Blocks) 以應用于多品種之試驗，1937年 Yates 又創擬拉丁方法 (Quasi-Latin Square) 同年加拿大之 C. H. Goulden 證明不完全隨機區組法及擬因子法 (Pseudo-Factorial Method) 之效率較普通之隨機區組法高出百分之20至50 Goulden 同年又為專文 (Canadian Dept of Agriculture, Technical Bulletin No. 9, 1937)，闡明多品種試驗中之各種排列法及其應用，其法乃為品種試驗上所廣為採用。1939年美國沃俄華州試驗場之 M. G. Weiss 及 G. M. Cox 又創平衡不完全區組法 (Balanced Incomplete Block) 及方格設計 (Lattice Square Design)，並計算該法在極端差異土壤中可以增加百分之150之效率，惟在極整齊土壤情形下，則損失百分之31之準確度。1940年 F. Yates 又在優生學年報 (Annals of Eugenics) 發表平衡不完全區組法 (Balanced Incomplete Block Designs)，並認為平衡方格設計 (Balanced Lattice) 為平衡不完全區組法之一種特殊例子。同年 (1940年) G. M. Cox 及 W. G. Cochran 又創三倍方格設計 (Triple-lattice Design) 1942年 H. K. Hayes 及 F. R. Immer 將簡單方格設計 (Simple-lattice Design) 及三倍方格設計 (Triple-lattice Design) 之分析公式及實例，詳列於所作之「作物育種學」 (Methods of plant Breeding, 1942) 一書中，於是此法流傳益廣。1939年 B. B. Day 與 L. Austiu 二氏復應用立方格設計 (Cubic Lattice Design) 於729系松樹幼苗之遺傳研究，最近 W. G. Cochran 與 G. M. Cox 又應用此法在美國 Iowa 試驗場作大豆之品種比較，並將此法詳為介紹，1943年 W. G. Cochran 又將三倍方格設計推廣為四倍方格設計 (Quadruple lattice) 及五倍方格設計 (Quintuple lattice) 以適應更多之品種試驗。近年以來，學者仍孜孜不倦，研究新的試驗設計，以求減低試驗之誤差，增加試驗之效率。惟由試驗方法之設計，試驗以至於實際之應用，其間常須經若干年之宣揚與示範。再則各種試驗設計均有其應用之場合，亦有其應用之限制，若專羨慕新奇，忽視現實，則失去試驗設計之本旨 R. A. Fisher 常言「設計乃役於試驗，非試驗役於設計」換言之，吾人應為試驗而設計，不應因設計而試驗；本文謹以此語作為結束。

稿 約

1. 稿件性質以簡短農業論文，或農事消息為限。
2. 文字以在三千字左右為宜，但有特別價值之論著，得考慮另出單行本，必要時亦得分期刊載。
3. 來稿不願增刪者請須先聲明。
4. 來稿概不退還。經刊登後，酌酬本刊若干冊。
5. 來稿請寄臺灣農業試驗所農報編輯委員會。