

農業研究統計法

APPLICATION OF STATISTICAL METHODS TO AGRICULTURAL RESEARCH

洛 夫 著

前實業部農業顧問，中央農業實驗所總技師
美國康乃爾大學作物育種學教授

沈 驪 英 譯

中華教育文化基金董事會編譯委員會 編輯
實業部中央農業實驗所
商務印書館發行

中華民國二十六年一月初版
中華民國二十六年三月再版

本書實價加五成
另加運費費五成

★E三〇四

農業研究統計法 一冊

Application of Statistical Methods
to Agricultural Research

每冊實價國幣肆元

外埠酌加運費匯費

版權所
翻印必
有究

原著者 沈驪英
編譯者 沈驪英
編輯者 沈驪英
中華教育文化基金會編譯委員會
實業部中央農業實驗所

發行人 王雲五

印刷所 上海商務印書館

發行所 上海商務印書館

(本書校對者沈鴻俊)

序

作者曾受中美兩國聘任教授生物統計學有年，當執教時 各地學者以其試驗結果，商請指導分析者頗多。數年以來，深感有關統計分析之基本問題，實有彙集材料另成專書之必要。書中并宜將試驗機誤之意義及變異數分析之方法，盡行編入，庶讀者可應用之以自行分析其結果。

關於統計學之書籍——普通教本或專門論著——世間已不乏良本，惟欲求一書能將各種計算方法，如變異之測量，相關之計算，曲線之配合，機誤之意義，以及變異數之分析等，能盡數收入者，似尚未見。作者有鑒於此，特編著此書，而尤注意於公式之如何應用，與結果之如何解釋，而略其公式之演化與引申。再各種方法之應用，以農業為對象，故所舉例題，亦多取材於農業研究之結果，惟統計方法，大抵大同小異，本書所敘述之方法，任何統計資料皆得適用之也。作者又鑒於小區試驗技術之重要，於本書末章，將有關各點特作簡要之論述。

本書之得編成問世，全賴中華教育文化基金董事會及中央農業實驗所之資助，作者於此，特表示謝忱。此書既成，復承中央農業實驗所沈驪英技正為之譯成中文。作者對於沈先生之謹慎譯述及有益建議亦深感慰。

本書所用材料及圖表，有向各處搜集而來者，除將原著作人姓名於

書中隨時提明外，特於此處再致謝意。舒乃特教授 (Professor George W. Snedecor) 及立佛馬博士 (Dr. J. R. Livermore) 所擬之表，均極名貴，(見附錄表 IX, 表 X, 及表 XI) 今承兩氏慷慨讓用，尤為感佩。再本書原稿大部份曾經韋適博士 (Dr. J. Wishart) 加以閱讀，並作有價值之批評及建議，皆為作者所感幸者也。

費海女士 (Miss Frances Feehan) 對於作者之著成此書，頗多有力之襄助。苟無女士之始終協助，則此書之成，恐難實現，故作者尤表示深切之謝忱。

書中掛漏與遺誤，作者雖竭力避免，恐仍難免，尤望讀者加以指正，實所感幸。

洛夫

一九三四年八月

目 錄

序

第一章	緒言	1
第二章	次數分配	8
第三章	圖解	24
第四章	地位常數	35
第五章	離差常數	59
第六章	簡單相關	82
第七章	簡單相關(續)	121
第八章	複相關與淨相關	165
第九章	機誤之意義	205
第十章	曲線配合	233
第十一章	配合之適度	277
第十二章	小樣品分析與機率之應用	287
第十三章	變異數分析	327
第十四章	變異數分析——繁複試驗	361
第十五章	試驗技術問題	381

附表目錄

I. 整數平方和.....	447
II. 用 $y = a + bx + c$ 對數 x 之公式配合對數曲線之各值.....	448
III. r_r 及 r 對照表.....	451
IV. 用巴珊兒公式(Bessel's Formula)求單次機誤及平均機誤之各值.....	452
V. 用彼得氏(Peter's Formula)公式求單次機誤及平均機誤之各值.....	453
VI. 根據常態機率合乎 $\frac{x}{\sigma}$ 之估計機率表.....	454
VII. $\frac{D}{P.E.}$ 之機遇表.....	458
VIII. 史蒂頓脫氏 Z 值機遇表(估計結果差異顯著與否之機率)...	459
IX. 史蒂頓脫氏 t 值機遇表.....	464
X. F 及 t 值對照表.....	466
XI. r 及 R 之顯著值.....	470
參考文獻.....	473
譯名中英文對照表.....	479

農業研究統計法

第一章

緒言

近數年來，學者對於研究工作之推論，頗有一改以前專重觀察之舊風，而漸趨於歸納整理，系統分析之趨向。以前之研究工作，因乏系統分析，故其記載，除作者外，他人頗難了解。即統計學 (statistics) 及用統計分析 (statistical analysis) 等方法，在往年因贊助者少，故用之不廣。至晚近經學者將統計方法一再修改，其法乃較簡單而合實用，雖算學並無深造之人，亦能採用裕如，其應用乃得日廣。

以前統計學每被認為一種專門學科，問津者鮮，自方法改成簡單合用以後，遂成為分析試驗結果之重要工具。此種心理上改變與統計學迅速發展之原因，固半由於學者之切實研究，亦半由於統計學本身之重要，能為工作者所重視也。現今舉凡一切有關生物，農業，社會，教育，心理，經濟等研究結果，在在需用統計方法來作有系統之整理，將原有記載，條分縷析，使成為一種簡明之報告也。統計學之應用既日廣，研究之者乃日多，方法改善，日見進步，而新書之出版乃遍見市場矣。

用統計方法來分析研究結果，其進展固速，然流弊亦因之滋生，蓋初用是法者，每誤認為用數學分析，可糾正試驗中之一切缺點，其實無論如何準確之試驗，總不能完全無錯，而無論如何精密之試驗分析，總不能若資料本身之可靠。

蒐集材料 (Collection of Data) —— 蒐集材料宜從能代表全體實情之大量材料入手，若僅就一隅，採取樣品 (sample)，而此一隅之材料，又與大體情形不同，則所得結果，便不可靠。故蒐集材料，不可先存成見，譬如研究城中兒童之健康狀況，既不宜專從城市富庶之區，或上等家庭中搜集材料，亦不可單就窮苦人家或工人住處採取情形，宜將全城市各種環境下之兒童健康，通盤調查，此種結果方足以代表全城兒童之健康狀況。

又如研究某類商人之收入，其取材亦不宜集中於城內一二繁盛市區，而須分向各街市中能代表全城商情之各小店鋪中蒐集之。又若為研究小麥品種之異同，往田間採集麥穗，即宜在全田之中，隨意採取，而不宜在田之一隅，盡量收集，此種在全田中隨意採拾之取樣法，名之曰隨機抽樣 (random sample)。

隨機抽樣 (Radom Sample) —— 所謂隨機抽樣者，乃在蒐集樣子時，純由隨意採取，而無選擇好惡之謂。選取之材料，除一二不能代表全體之特殊樣子，宜即棄去外，其餘材料，不可隨意取捨。例如採集小麥材料，採集者若先估計全田麥株之高低，根據其所估計每種採集若干，則所得樣本，即非隨機，不能合用。採取麥株者宜自田之甲端，穿過全田直走至田之乙端，於一行內，隨意採取十株或二十株，除受傷者不採外，

其餘可不論其生長之優劣，均行採取。如所採得之數量或嫌過多時，則可將田間所取之樣本，混合放置，而再於每十株中抽取一株，則數量減少，而取樣仍係隨機。

又若研究某城市中男子之身長，欲隨機抽樣時，若此城原有戶冊可稽，可就冊內每十名或五十名中抽取一人為代表，其抽取人數，可依照人口之多寡與所需研究之數量而定。否則不用戶冊即在數處熱鬧街市中於每十人或二十人中測量一人亦可。惟不宜於例假日行之，因例假日有某種人將不見諸熱鬧市場，而平時不常見之人此時反增多故也。總之，取樣範圍宜普遍，次數宜多，取法則以隨意而非有意挑選為原則。

材料之測量與記載 (Measuring and Recording Data)——所蒐集之材料，須於詳細測量後，列表以示其結果。此步工作以力求精細為要則。蓋無論觀察或測量，第一須求精確。如測量有誤，則雖用精密方法加以分析，亦無濟於事。為欲減少觀察或測量時之錯誤起見，測量所用之器具尤須準確可靠，若量器不準，每一記錄，皆有錯誤，則影響於試驗結果必大。

所觀察或測量之數，雖每有無從校對者，惟從事工作之人，仍須慎重將事，切不可因其無從校對，即疏忽了事。又在可能範圍內，所有記錄總以經過校對手續為妥，例如秤量試驗材料之重量時，可以兩人合作，一人任秤重，一人任記錄，至完全秤畢，乃使兩人對調，將材料完全複秤一次，以校正其錯誤，較為妥善。

用天秤秤材料時，砝碼累次上下掉換移動，亦易惹起錯誤，故宜設法避免。譬如用砝碼計數之小號天秤來秤重時，可先將此天秤所用各砝

碼之克數如五百克二百克一百克等，——先記在另紙上，並將各砝碼——放好，例如二百克之砝碼放於紙上書有二百克處，一百克之砝碼置於紙上寫有一百克處等，然後將物秤重，將紙上已放置之砝碼，選擇移置於秤盤中，其過重過輕不合用者，仍還置於紙上各砝碼原有地位，如此秤物既畢，祇須將紙上無砝碼放置者之各克數相加，再加天秤桿上所示數目，即得物之全重量，用此法秤物可以一覽便知，且可減少錯誤。

總之試驗為重要工作，從事者對於材料之採集，測量，與記載，均須小心謹慎，力求減少錯誤與準確，所記錄之數字亦宜繕寫清楚。例如 3 與 5；7 與 9 等數字，往往因繕寫草率，以致難以分別，誠宜特別留心。

當測量或秤重時，小數須讀至幾位為止，亦為試驗上應加注意之一端，不過此事須視測量之材料及目的而定，難以一律規定。若僅秤數百株小麥之重量而求其平均數時，則僅秤至克數已足，克數以下之小數，可不必注意。

若係此種材料，可在秤重時即行分組排列，較——秤好，而後分組者為節省時間。分組之方法，當在第二章內詳細論述。組數已經分好，則秤重時可將全組之重量，一起排列，而尾數或小數不必注意。因若以 1.00 至 1.99 為一組，則無論其為 1.2 或 1.9 總在此一組內也。若遇二組數目之交界點，則秤重者須特別注意，因若係 1.94 宜屬於 1.00——1.99 之一組，若係 2.00 則屬於下一組矣。

結果之分析 (Calculation of Results)——分析計算結果，宜力求準確。試驗者對於計算步驟，校對方針，須先行規定，俾同事者有所遵循。所得結果，易趨一致。小數點以下數字應算至幾位為止，常因不預先決

定，各自爲謀，致結果多參差者。故何位應去，何位應留，主其事者，應預先決定法則。例如若得一數爲 4.235，而規定小數僅爲二位時，則宜去五進一成爲 4.24，抑逕去五成爲 4.23，此種標準，均宜預先決定，俾計算者得有所遵行，而結果易於校對與比較也。在開方與乘方時，其小數位數每易被人忽略，而惹起錯誤，計算者亦宜特別留心。譬如規定答數之小數點須算至二位止，則方根內之小數應有四位，如答數爲三位時，則方根內小數應有六位等。倘規定開方後各數須一律留小數位三位，但方根內小數位如僅算至四位爲止，則開方後答數祇有小數二位，較規定者少一位，與其他各數相加減或作他項計算時，結算便不一致，故小數位數，當十分注意，須完全一致。

結果之解釋 (Interpretation of Results) ——統計分析之最要關鍵，在解釋得當。同一統計結果，因解釋不同，所指示之意義，便完全相反，此常由於解釋結果者，僅注意於一部分之統計，而忽於全部分之事實所致。有數種重要因子，雖明明存在，而解釋者卻未注意。喬達克氏 (Chaddock) 之解釋吸煙者與成績不佳者之相關結果，頗可用來引證此種專顧局部統計而忽於其他現象者所造成之錯誤。喬氏所根據之資料，爲大學生吸煙與不吸煙者之成績報告，茲將其結果列表如下：

	不 吸 煙 者	稍 有 煙 癖 者	煙 癖 頗 大 者
人 數	111	35	18
一年平均成績	85.2%	73.3%	59.7%
失敗的比例	3.2%	14.1%	24.1%

照表中數字觀之，不吸煙者之成績，確較優於吸煙者，然則造成此種現象之原因，其果在煙之本身乎？校中好吸煙之學生，往往即愛好交

際者，平時對於功課，本不注意，成績自差，又或入校本意，不在求學，而在求娛樂，功課既不關心，成績自較低下，是則吸煙者成績不佳之原因，除煙之本身外，明明尚有其他關係存在。故在解釋此種結果時，宜將所有可以影響於成績之原因，細細推究，而不宜武斷即謂凡吸煙者成績皆不佳也。此類專信統計數字而不加詳細考慮，有關因子雖存在，仍隱沒不見，致所論斷之結果，每似是而實非，此種弊病，學者宜注意避免之也。此外尚有一種常易發生之危險，即為專信數字，而忽略實際情形。蓋缺少經驗或初用統計之人，每易被數字所蒙蔽，誤認統計法術可以將試驗結果超過實在，即其所下論斷，與常識不符，亦每不以為怪。故過於信託統計分析，而忽於日常現象者，常有引入歧途之危險。若試驗結果真有超出尋常之特殊現象，吾等當然不宜為常識所拘束，而毫不注意。總之論斷一事，須學理與事實兼顧，俾學術上新表現之事實，不致忽視，而數學造成的不近實情之錯誤，亦不致被認為真理，而引入歧途。故凡經解釋之結果，須事前詳細考慮，確屬認為合理無疑後方可發表。

誤用百分數所造成之謬訛解釋，亦為常有之事，今以下列兩種整地法所得結果以證明之。

A	B	B 優 於 A	優 越 百 分 數
4.7	9.8	5.1	108.51
7.1	12.8	5.7	80.28
25.0	28.4	3.4	13.60
11.7	20.9	9.2	78.63
16.0	23.8	7.8	48.75
6.2	15.5	9.3	150.00
70.7	111.2	40.5	479.77

第一列A各數係在秋間耕地後種植之結果，第二列B係在春夏休閒地所種之結果，第三列爲B勝過A之產量，第四列爲超過產量之百分數，其算法係將B超過A之產量，以同行A產量相除，而以100乘之。所得之六百個分數相加，而以試驗行數6除之，得平均百分數爲79.96，此數卽爲B產量多於A產量之平均百分數。

其實此種平均百分法之結果，在算術上確係錯誤，上列例題之正確算法，應先將A品種與B品種之平均產量，分別求出，計A爲11.78，B爲18.53，兩者之相差爲6.75，以此數被A之平均產量11.78除之，而以100乘之，得相差百分數爲57.30%，此數始爲B超過A之正確百分數。此例引證誤用平均百分數之危險，史蒂頓脫氏（Student）曾謂：百分數須謹慎用之，因彼常爲虛僞之母也。

總之學者對於結果之解釋，須數學分析與常識兼顧並用，初學者對此，尤當注意。因初學者每易太信任統計，而忽略常識，統計之分析，與明晰正確之判斷，常須相輔而行，吾等總不宜略存偏見，以爲試驗結果，全靠精密之數學來解決，而置實際情形與理智之判斷於不顧也。

第 二 章

次數分配

誠如上章所述，凡用統計方法來分析試驗結果時，其所度量或記載之個體數目宜大，則分析結果，始為可靠。換言之，即所測驗之數，須能代表所研究材料之實在情形。今若測度或記錄一大量數目，如數百或逾千之類，倘不加以整理，頗難瞭解其真實性質。蓋將所有散漫材料，分別個體研究，則終難窺見其整個現象，而得任何結果。若將此散漫而鉅大之數目加以整理，使閱者一目了然，則數分鐘內即可瞭解所記數字之大意矣。整理材料之最簡便方法，為將所集資料，按組 (class) 或按羣 (group) 排列。組或羣之大小可照所測驗材料之性質而定。組值既定，次數即可依次填入，此種將試驗材料用分羣或分組來整理之法，名曰次數分配。

組目及組距 (Number of Classes and Class Range or Interval.) — 當計算次數分配時，其先決問題，為組目之多少，及組距之長短。

關於組目之多少，頗難預定。蓋組目本為一假定數，因所用材料不同，性質各異，所定組目之多少，亦當隨之變異，故不能預為決定。例如欲數毛連菜 common buttercup (*Ranunculus bulbosus*) 之花瓣，因花瓣

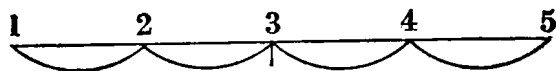
數目之差，僅五瓣至十瓣，故所分組目，不必過大。若計算野菊花 *common field daisy* (*Chrysanthemum leucanthemum*) 之花瓣時，因其瓣數多寡不一，差異較大（見表十一）故組目必須增多。若當增不增，而將數個不同之組別併集在一處，則重要之生物現象，每致隱藏不顯。若分配數目係用衡量二法所得者，如計算每株植物之種籽量等，可將相差不遠之數目，歸併為一類，不必一數一組也。普通組數為十組至二十組，至必要時組數既可增加亦得減少。例如小麥之種植於勻整之環境下者，計算每株之麥稈時，分組至八組或十組已夠。又若計算單穗之籽粒時，其所分組數，亦不必多。故云組目之多少，大致隨材料之性質而定，總之所定組目，以適當為要，俾各數得散佈勻整，固不宜太多，致失真相，亦不宜太少，致材料之重要性質不易顯出。

組距之長短隨組目之多少而定。在決定組距時，組限 (*class limit*) 之低限 (*lower limit*) 與高限 (*upper limit*) 及組距中點 (*mid-point*) 皆須注意，俾免將一組之數目平分為兩段而不知中點何在之弊。中點本身，既不屬於第一段，亦不屬於第二段，乃第一及第二兩段並分之中間一點。定組距時，須注意此中點之易否指定，亦即一組內所包括之數目，能否覓得一確定之中點。

若次數分配表內之數目，係由計數而得者，——如數種籽——則所定組限，以能使中點數為整數者為宜。例如組限 1-5, 6-10, 11-15, 等，中點數當為 3, 8, 13 等。

若所用材料，係得自衡量者，亦可照上法行之。惟衡量所得之數，不若點數所得者之易於明白。故在定組距時，尤須注意組距中點之易否指

定。此層若從幾何方面來推想，（即注意空間之段落）較從算學方面着想（專重數字）易於明瞭。今設有一組距，其低限爲“1”，高限爲“5”，今以之列



成一直線

則可一望而知其組距中點爲3。因由低限“1”至中點“3”，其中相隔爲兩段——“1”至“2”爲一段，“2”至“3”爲另一段——再從中點“3”數至高限“5”，其中相隔亦爲兩段——“3”至“4”爲一段，“4”至“5”爲另一段。

今設以尺量物，而將其結果，排列成組，有數個單位之長度僅 0.1 或 0.3 公分，有數個則長至 15 或 20 公分。分組時可將 0.0 至 2.0 公分之個數，歸入第一組。此組之低限爲 0.0 高限爲 1.，而非 2.0，或逕稱爲 1.999+，較爲準確。凡謂組距爲 0.0 至 1.999+ 者，即指長度之小於 2 公分而非等於 2 公分者皆列入此組。其組距中點當爲 1.0 公分。第二組之低限，當爲 2.0 公分，高限則爲 3.999+，此組可包括等於 2.0 公分或超過 2.0 公分，而少於 4.0 公分之個數。組距中點當爲 3.0 公分，其他各組照此類推。凡在決定組距及中點時所宜注意者，非僅高低兩限之數目字，乃一組內所能包括之各個數目，今若將上述組距，排列成一直線：——

0.0 .5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0

則第一組爲 0.0 至 1.999+，而非 0.0 至 2.00，2.00 當屬於第二組，第一組之組距中點當爲 1.0。

自低限 0.0 公分至中點 1.0 公分，中間相隔爲兩段——0.0 至

0.499+ 爲一段，0.5 至 0.99+ 爲又一段。再從中點 1.0 公分至高限 1.99+ 公分，中間相隔亦爲兩段——1.01 至 1.49+ 爲一段，1.50 至 1.99+ 爲另一段。下一組之中點，可用同一方法推定之。總之定組距中點時，須注意自低限至中點，及中點至高限兩大大段中所包括之距離是否相等。

今將上述記分排列成組，各組之高低兩限當爲 0.0—1.9, 2.0—3.9, 4.0—5.9——。若上述記分，由衡重而得，其組距決定爲 3 克時，其組限當爲 0.0—2.9 克，3.0—5.9 克，6.0—8.9 克……。

組間距離一經決定，當各組一律。若第一組之組距爲 5，其他各組之組距，亦當爲 5，非至必不得已時，不宜更易，此點當在下章詳細引證。若有特殊情形，低限或高限，須略更動時，當詳細註明。

次數分配表之記法 (Making a Frequency Distribution) ——
次數分配表之記法，當用下列第一表內產量記錄來說明之。

表 1. 乙百區黃豆產量記錄 (克)

江蘇徐州 一九三三年

230	448	230	344	214	274	229	292	200	312
291	328	288	369	225	309	242	261	286	329
290	274	310	317	275	330	218	306	249	393
273	309	234	265	305	314	252	223	310	271
292	295	313	192	269	216	274	217	306	290
297	375	264	239	216	300	262	236	288	318
256	336	276	342	237	257	340	241	250	318
246	312	327	310	269	241	302	235	268	240
258	279	335	211	152	235	233	216	229	283
312	246	318	186	305	223	283	217	350	297