

大田作物田间试验统计方法

赵仁谔 編 著
辽宁人民出版社



大田作物田間試驗統計方法

赵仁鎔編著

辽宁人民出版社

1965年·沈阳

大田作物田間試驗統計方法

赵仁鎔編著



辽宁人民出版社出版(沈阳市大西路二段同心里12号)沈阳市书刊出版业营业許可證文出字第1号
沈阳市第二印刷厂印刷 辽宁新华书店发行

850×1168毫米 $\frac{1}{32}$ ·10 $\frac{1}{2}$ 印张·252,000字·印数: 5,501—8,500 1964年7月第1版
1965年2月第2次印刷 统一书号: 16090·236 定价(10)2.00元

前 言

为了使田间試驗研究結果所得到的数字更加精确与可靠，对試驗設計与分析有必要进一步認識。所謂可靠性就是：（1）进行比较的各个处理之間的差异，要有数学上的証明，（2）試驗时处理本身与方法上的可靠性。

应用生物統計方法，可以把試驗研究中获得的資料进行深刻的数学分析。經過分析后可以确定試驗材料中：（1）某种数量特征和它的变异程度；（2）实际資料与理論上的規律是否符合或近似；（3）各个处理間或品种間的差异显著性，并找到其变异原因；（4）二种或二种以上变数之間的相关程度。

有了統計知識后，我們在田间試驗設計方面就有很大的帮助，譬如小区面积，重复次数，排列方式，因子設計等，都是試驗上很重要的問題；而这些設計方面的問題，就必须从統計理論上来分析。

从以上所談的可以看出：“生物統計与試驗設計及分析”在农业科学試驗研究方法上占着重要的地位。但是，在我們进行試驗研究时，必須認清試驗設計与統計分析不过是一种輔助工具，而主要还要看环境条件对作物或其他处理对象的影响。因此，我們不能全被統計数字所束縛，也就是說，統計应该为試驗服务，而不是試驗为統計服务，这点必須有明确的認識。

本书分为生物統計与田间試驗二部分。生物統計部分，叙述生物統計的一般知識，所举实例尽量配合农作物方面的試驗研究工作。田间試驗部分，着重于田间試驗的設計与分析，对过于繁瑣的設計沒有編入。至于内容方面，除了闡明简单的理

論與統計公式證明外，偏重實際例子的演算與解釋。引用數學方面知識，尽可能用代數方法來解決，這樣可以使學者在較短的時間內能掌握這門學科。

為了理論知識能更好地與實際結合，在實習方面擬訂了十八個題目。每次實習的分量以不超過三學時為原則，所有統計資料都是簡單的數字，目的是使學者在規定時間內能完成作業。

本書可作為高等農業院校農學專業“生物統計與田間試驗設計”的教科書或參考書，也可作為農業科學工作者自修參考用書。

這本書是1961—1962年沈陽農學院與中國農業科學院遼寧分院“生物統計與試驗設計”課程的講稿。當講授時，由於各個專業要求不同，特別是在試驗設計與資料分析所舉的例子時更為突出：農學家要求的是大田作物例子，園藝學家要求的是蔬菜果樹的例子，而畜牧學家希望得到的是家畜與家禽的例子。為了滿足各專業人員的要求，我和教研組同志們編寫了農學、園藝、畜牧三方面的統計分析用書，這樣對有關專業人員用處更大，並且對閱讀時間也比較經濟。因此，本書所舉例子，主要是農作物方面的試驗資料。至於有關園藝與畜牧方面的資料與統計分析，分別列入《蔬菜果樹田間試驗設計與分析》及《畜牧試驗研究統計方法》二書。如學者欲進一步了解生物統計方面的知識可參閱我與余松烈教授合編的《生物統計的理論與實際》一書（修訂本）或其他有關書籍。

引用有關資料都在括弧內寫上數字，學者可在每章末參考文獻內查到。在此對於供給與引用有關資料的學者表示敬意。編寫時得潘鈞陶、翟婉萱、徐錦三位同志協助演算，在此表示謝意。由於時間匆促，謬誤之處難免，希學者指正。

趙 仁 鎔

1964年1月於沈陽農學院

目 录

第一部分 生物統計

I. 統計分析的意义与术语解釋	3
1.1 統計分析应用于田间試驗的意义	3
1.2 生物統計与試驗設計上重要术语解釋	5
II. 次数分配、平均数与标准差	8
2.1 資料整理与次数分配	8
2.2 次数分配表的制作	8
2.3 次数分配图	11
2.4 平均数的意义	13
2.5 平均数的种类	14
2.6 平均数的計算方法	16
2.7 标准差的意义与公式	18
2.8 标准差的計算方法	19
2.9 标准差的特性	21
2.10 自由度的意义	23
2.11 变异系数	25
III. 机率与常态曲线	31
3.1 机率与二項展开式	31
3.2 机率显著平准	34
3.3 常态曲线	34
3.4 常态曲线的配合	37
3.5 常态曲线的应用	38

IV. χ^2 測定	42
4.1 无效假說	42
4.2 χ^2 (卡平方) 的意义与公式	42
4.3 χ^2 的显著性	44
4.4 适合性測定	44
4.5 独立性測定	48
4.6 χ^2 簡易計算法	52
4.7 χ^2 測定用于复因子試驗	53
4.8 連續性矯正数	55
V. t 測定	64
5.1 S 、 S_x 、 S_d 的意义与公式	64
5.2 t 測定的意义	66
5.3 t 的計算法	67
VI. 变量分析	78
6.1 变量的意义	78
6.2 变量分析的功用	78
6.3 变量分析的基本原理	79
6.4 样本間变数个数相等的变量分析	81
6.5 样本間变数个数互不相等的变量分析	86
6.6 Q 測定法	88
VII. 簡單回归	93
7.1 二种或二种以上变数的統計研究	93
7.2 回归系数及回归方程式	94
7.3 回归系数的計算法	94
7.4 回归系数显著性測定	95
7.5 回归系数間差异显著性測定	99
7.6 回归图	101
VIII. 簡單相关	107
8.1 相关的意义	107

8.2	相关的类别	108
8.3	相关系数及公式	109
8.4	相关系数直接计算法	110
8.5	由相关表计算相关系数	112
8.6	相关系数显著性测定	114
8.7	相关系数间差异显著性测定	115
8.8	回归与相关的关系	116
IX.	净回归与复回归及净相关与复相关	120
9.1	净回归与净相关及复回归与复相关的意义	120
9.2	净回归系数与复回归方程式	120
9.3	复回归方程与净回归系数的显著性测定	123
9.4	净相关系数公式与计算方法	123
9.5	净相关系数显著性测定	125
9.6	复相关系数公式与计算方法	125
9.7	复相关系数显著性测定	126

第二部分 田间试验

X.	田间试验设计	133
10.1	田间试验设计的意义	133
10.2	田间试验设计的基本原理	133
10.3	土壤差异	136
10.4	试验地的选择	142
10.5	试验区的大小	143
10.6	试验区边行影响	146
10.7	试验区重复次数	146
10.8	试验区的形状	151
10.9	轮作田内进行试验	153
10.10	试验区的排列	154
10.11	对照区的设置	158
10.12	选取样本	159

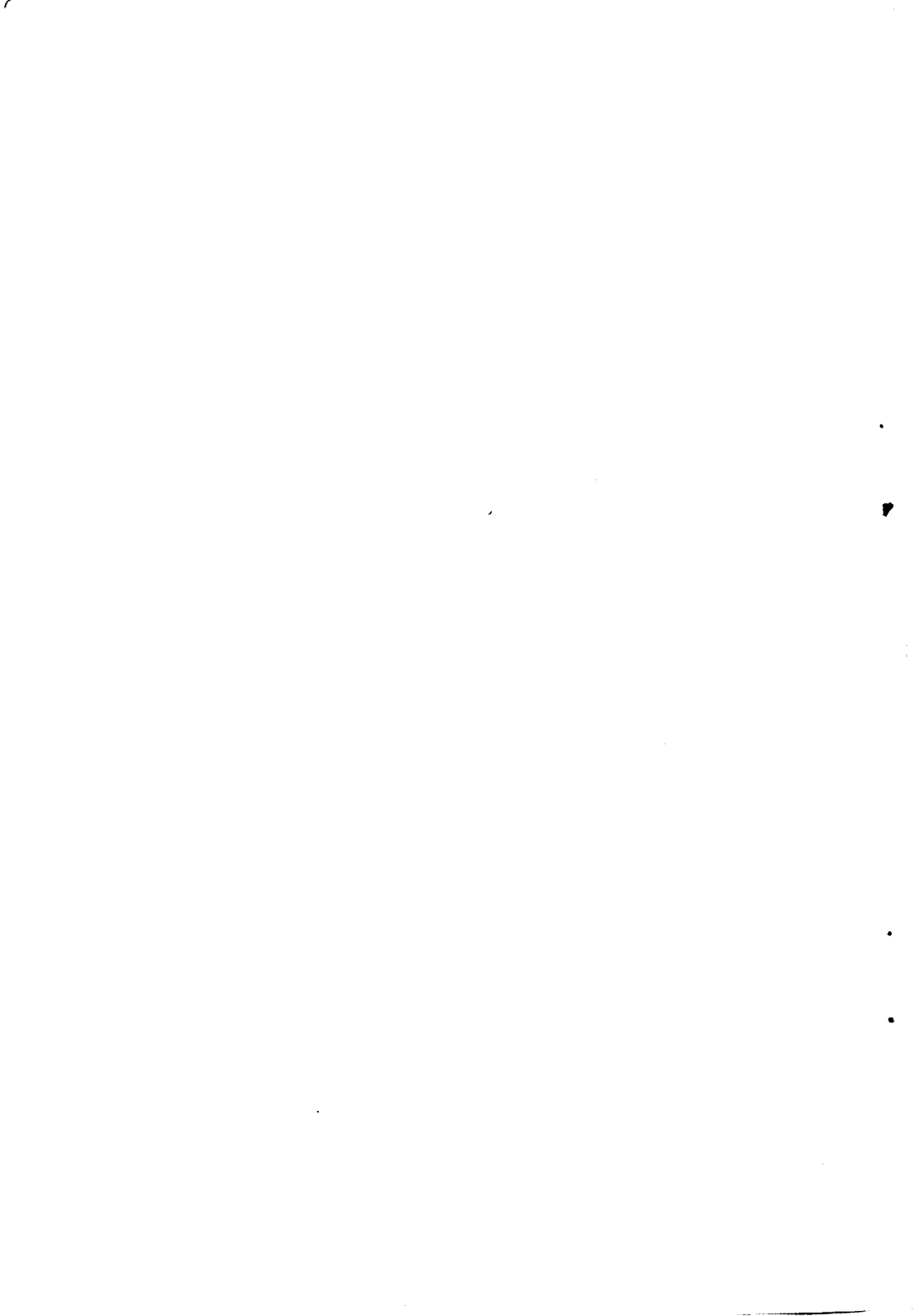
XI. 随机区組与拉丁方試驗	161
11.1 随机区組設計的意义	161
11.2 估計理論变量	161
11.3 随机区組变量分析	163
11.4 拉丁方設計的意义	170
11.5 拉丁方变量分析	171
XI. 复因子試驗	179
12.1 复因子試驗的意义	179
12.2 复因子試驗变量分析	181
12.3 二个以上連应的复因子試驗变量分析	185
12.4 品种区域試驗变量分析	192
XII. 裂区試驗	203
13.1 裂区試驗的意义	203
13.2 裂区試驗与随机区組試驗在設計理論上的不同	204
13.3 裂区試驗变量分析	205
13.4 二处理因子互为整区、裂区的裂区試驗設計	212
13.5 复式裂区試驗設計	218
13.6 裂区方法应用于多年生作物	220
XIV. 缺区估計	225
14.1 缺区估計的意义	225
14.2 随机区組試驗中缺一个小区的估計	225
14.3 随机区組試驗中缺几个小区的估計	229
14.4 拉丁方試驗中缺一个小区的估計	232
14.5 拉丁方試驗中缺几个小区的估計	234
XV. 互变量分析	239
15.1 互变量分析的意义与功用	239
15.2 互变量分析例証 (一)	240

15.3 互变量分析例証 (二)	245
XVI. 作物田間試驗的准备、管理、記載与收获	249
16.1 种植计划书的編制.....	249
16.2 播种前的准备与播种方法.....	252
16.3 生长期管理与田間观察及記載.....	253
16.4 收获与脱粒.....	256
田間試驗統計方法实习	258

附 录

I. 統計符号的注解与索引	279
II. 生物統計与田間試驗設計名詞簡明意义	281
III. 統計用表	286
附表一 χ^2 表	286
附表二 t 表	287
附表三 F 表.....	288
附表四 Q 表.....	296
附表五 r 与 R 表.....	300
附表六 轉r为 Z' 表.....	302
附表七 整数的平方及平方根表.....	303
IV. 引用資料索引	320

第一部分 生物統計



I. 統計分析的意義與術語解釋

1.1 統計分析应用于田間試驗的意義

应用数学邏輯来解釋生物界数量的資料，謂之生物統計。田間試驗設計與統計分析就是将生物統計方法进一步应用到田間試驗上去。科学工作者运用統計方法后，使試驗的設計與安排、結果分析与解釋更加精确与可靠。

进行农业科学方面的田間試驗研究的程序是：（1）进行設計；（2）根据設計进行試驗；（3）將試驗結果所得的資料加以整理、計算与分析；（4）对結果的解釋。設計、整理、計算与統計分析都属于本課程范围；而結果的解釋將大部分根据統計分析的結果。倘試驗所得資料不以統計方法进行整理与分析，常使試驗結果成为模稜两可，或結果的解釋不确切。例如据試驗結果小麦甲品种的产量为每亩320斤，乙品种为每亩298斤，二品种的亩产差异22斤是否显著或可靠是成問題的。倘显著的話，可以断定甲品种本質上确实比乙品种产量高；不然的話，甲品种不一定比乙品种好，这22斤的差可能由于其他原因造成。統計分析將幫助我們确定品种間或处理間的差异显著程度或可靠程度，使試驗結果解釋經過数学証明后有所依据。倘通过統計分析，数学上証明差异不显著，这表明所提差异数不是二个品种本質生产力有不同，而是由于机会所造成。例如土壤肥力、水分、阳光、溫度等外界不可避免的因子，都可造成产量上的差异。

通过生物統計方法可以把試驗研究获得的数字資料深入细致地进行数学分析。例如測定某小麦品种每穗平均粒数多少？

設随机在田間选取50个穗，求得每穗的平均数是35粒，問这个平均数35粒是否确实能代表这个品种的每穗粒数，也就是平均数35粒的可靠程度如何？为了解答这个问题，我們势必先要了解50个穗每穗粒数的变异程度，也就是平均差是多少？倘各穗粒数与平均数35的差异幅度平均是5，比35小的是5，比35大的也是5，就是多数穗在30—40粒之間（ $35 - 5 = 30$ ， $35 + 5 = 40$ ）。另一小麦品种50个穗的平均粒数也是35，而平均差异幅度只有2，那么多数穗在33—37粒之間（ $35 - 2 = 33$ ， $35 + 2 = 37$ ）。显然，这二个小麦品种比較下来，前者差异幅度为5的平均数的可靠程度較后者差异幅度为2的为小。因前者多数穗离平均数远，也就是差异大；而后者多数穗离平均数近，也就是差异小。倘平均差等于零，那么这个平均数是絕對的可靠，因50穗每个穗都是35粒了。以上是一个日常碰到的例子。求平均数本来是再简单不过了，但这个平均数是否能代表这个样本，向来是不被人們注意的。如果通过統計分析，我們就可以得到确切的答案。

进行試驗时，常常可以从一种現象推測到另外一种現象。例如玉米植株的高矮与果穗的大小有沒有关系，通过統計上的相关測定方法可以找到答案。某种試驗前人已找出一个理論数字也就是規律，而你进行的試驗是否与理論規律一样，也可以通过統計分析找到答案。遺傳学試驗上常碰到的第二代分离現象是否符合于理論上的規律，例如紫甜玉米与白粉質玉米杂交，其第二代分离是紫粉質921：紫甜質312：白粉質279：白甜質104，应用統計方法可以解答这是符合9:3:3:1的遺傳規律的。

統計方法的另一特点，是由研究某事物的一部分（样本）来估計事物全体（集团）的特性。例如我們研究辽宁地区著名的玉米白鶴品种穗的长度，那么研究的对象是辽宁省玉米白鶴品种集团，实际上我們无法将所有白鶴品种的每个穗量一下，

即使可能的話，將浪費過多的人力、物力與時間。由此可見，品種集團既無法或不易獲得，那麼要了解該集團的特性，只有從其所屬的一部分樣本來研究。

試驗設計與統計分析是為試驗研究服務的，是一種輔助工具，通過它使試驗更加確切可靠；但我們不要忘記，主要還得看環境條件對作物或其他處理現象的影響。

1.2 生物統計與試驗設計上重要術語解釋

(1) 集團：集團是指某事物的全體，包含屬於該事物的所有個體。拿集團性質來分，可分為有限性集團與無限性集團。

1. 有限性集團——集團內各個分子可數，大小一定。

2. 無限性集團——集團內所組成的分子無法可數，統計上有關抽樣機誤的各種公式幾乎都假設來自無限性集團。

(2) 樣本：樣本是指集團中所選取的若干個體，它是該集團的一部分。

樣本內因所含變數（個數）的多寡不同，因此有大樣本與小樣本的分別。大小樣本的界限尚沒有明確規定，學者意見分歧。有的主張樣本具有個數不滿100者是小樣本，有的主張不滿30者就是小樣本，也有指小樣本是小於31者，較普遍的是以30作為大小樣本的界限，就是30以上作為大樣本。

(3) 隨機取樣：選取樣本必須能真正代表所屬的集團，而這個樣本所來自的區域間沒有顯著的差異，並且組成樣本各項的條件也必須相同。要獲得合乎上述要求的樣本，不是一件容易的事，只有在一群數量中隨機選擇適當的個體才能辦到。所謂隨機，就是不摻雜主觀意見在內，不偏不倚，全憑機會而言。由隨機方法所選得的樣本，亦可代表集團來研究該集團的特性。

(4) 常軌數與估計常軌數：

1. 常軌數——指根據整個集團所測得的數值，是該集團的真正數值，固定而不变。

2. 估計常軌數——根据样本所測得的数值来估計集团的常軌數。估計常軌數，因所用样本的不同而有所变动。

因集团无法或不易获得，也就是无法获得常軌數，我們只有从代表集团的样本来測得估計常軌數，再从估計常軌數來估計集团的特性。統計上所考虑的大都是估計常軌數。

(5) 数量資料与变数：生物統計所考虑者大都是数量，例如研究玉米穗长，那么穗的长度样本就是由一群数字組成。这种由数字构成的样本謂之数量資料，或簡称資料。組成資料的每一个数字謂之变数。变数因性質不同，分为連續性变数与非連續性变数二大类。連續性变数是在变异範圍內可以取得任何个数的变数，如某种玉米穗长在6寸与7寸之間，尚有无穷个分、厘、毫、絲之差。非連續性变数則在某种範圍內仅能取得一定个数的变数，例如大豆每花簇有花1—8朵。我們选取各花簇，而記花数只有1、2、3、4、5、6、7、8八种变数，大小一定，不能另有如1.2, 2.5, 3.7等数值的变数。

(6) 錯誤与机誤：錯誤是由于我們工作时疏忽所造成的結果，如抄錯数目字，看錯砝碼数目，和其他試驗过程中的各种作业过失（如田間面积量錯，播种时忘記播下一行）等。

机誤（或称誤差）是指差异的发生由机会所造成。进行試驗时只能使机誤尽量减少，但无法避免。例如在一集团中随机选取二样本，第一次选得者和第二次选得者多少有些不同，这种不同是在选取时，由机会所造成而产生的机誤。又如随机栽植同一品种在二个試驗小区，所得产量結果有所不同，这种不同除了由于試驗区的土壤差异外，还有其他不容易控制的因子，如病虫害、阳光、水分等等在田間不能完全一样。这种差誤是由于机会造成，非人力所能完全避免。

(7) 小区：指一块地上种一个品种或一种作物經過处理（栽培前或栽培后的处理），这块試驗地謂之試驗小区或簡称小区。

(8) 效应：经过品种試驗或处理試驗发现甲品种較乙品种亩产多30斤，A处理較B处理亩产多20斤，这种品种間差异30斤与处理間差异20斤是由品种不同的生产力或处理反应所引起的，因此这差数30斤与20斤謂之品种效应与处理效应。

(9) 連应：进行玉米密度試驗时要考虑肥料因素，因此除了密度效应与肥料效应外，密度与肥料二因子的相互关系所引起的效应必須考虑。密度与肥料的相互关系謂之連应。二种或二种以上因子相互引起的效应謂之連因效应（或简称連应）。

参 考 文 献

- [1] 赵仁谔、余松烈：《生物統計之理論与实际》第一章（1947），新农出版社。
- [2] 彼費·謝孔：《設置农业試驗的方法与技术原理》（1956），北京师范大学。