

〔美〕T.M. 利特尔 F.J. 希尔斯

李耀煌 高学曾等译 卢宗海校

农业试验设计和分析

NONGYESHIYAN
SHEJIHEFENXI

农业出版社

65.21

7

农业试验设计和分析

〔美〕 T.M. 利特尔
F. J. 希尔斯

李耀煌 高学曾等译

卢宗海校

农业出版社

AGRICULTURAL EXPERIMENTATION

Design and Analysis

Thomas M. Little

F. Jackson Hills

Copyright 1978, by John Wiley & Sons, Inc. printed in the USA

农业试验设计和分析

〔美〕 T. M. 利特尔
F. J. 希尔斯

李耀煌 高学曾等译

卢宗海校

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 11 印张 290 千字
1983 年 5 月第 1 版 1983 年 5 月北京第 1 次印刷
印数 1—8,400 册

统一书号 16144·2534 定价 1.65 元

译 者 的 话

《农业试验设计和分析》一书是美国加利福尼亚大学附设训练班和职业农业工作者学习农业试验设计和分析的一本教材。作者T.M. 利特尔是加利福尼亚大学附设班退休生物统计学家；F.J. 希尔斯是加利福尼亚大学附设班农学家。本书详尽地叙述了农业试验常用的七种试验设计和分析方法，并介绍了方差分析中如何使用电子计算机进行计算。书中有专门的几章讨论相关和回归分析，还特别介绍了回归的简捷方法。

教材由浅入深，系统而完整地讲述了农业试验设计和分析的各个方面的问题。为学习农业试验设计和分析提供了一本非常实用的教材。

全书共十八章，由山东省农业科学院李耀镗（1、2、15、16、17、18），徐沛文（3、4），张成林（5、6），陈晓（7、10），阚连春（8），王广军（9），高学曾（11），殷毓芬（12），刘海军（13），杨铮（14）。全稿经高学曾、李耀镗初校，最后由李耀镗整理。我院顾问沈寿铨审阅了部分译稿，提出了很多宝贵意见，我们在此表示感谢。

序 言

农业科学研究工作者很少能有时间去掌握抽象而严整的数学详细知识，然而他们却愿意一般地了解设计和指导试验所必需的逻辑和推理方法。一句话，他们想充分了解统计学的基本原理，从而能合理地设计试验和从试验结果得出正确的结论。这本书就是为满足这些要求而写的。除了简单的运算外，本书只需要很有限的数学知识。许多数学关系式不给证明，而简单地作为已知事实来使用。然而讨论力求做到数学上严整，避免过于简单化的危险。

有七个试验设计各占单独的一章，这些设计大约占农业科学研究所用设计的百分之九十以上。有四章专门讨论相关和回归（直线、曲线和多重回归）。回归是紧接着前几章的方差分析，作为概括型研究的一种方法来讨论。对等间隔的试验处理和观察，有专门的一章讲回归的简捷方法。

每种方法都力求详细、逐步地计算各个基本统计量。对每一种情况，分析前先解释有关的逻辑和推理方法。有整整一章专门讨论方差分析所依据的假定，以及当数据不符合这些假定时的处理方法。

特别重视平均数分离（测定几个平均数中的显著差异）的问题。显然，现在的农业科学研究文献，对这个问题有很多误解，因而常常忽视资料所证明的重要结论。大家知道，特别是在方差的函数分析和正交系数法上更是如此。因为大多数农业研究工作者还不熟悉这些简单而有效的方法。对平均数分离的各种方法，做了充分的讨论。

这本书的前身是《农业科学研究的统计方法》，多年来它是

大学附设训练班和职业农业工作者学习统计方法的教材。现在经过增订，使这本书更加符合这一目的。特别改写过的章节有平均数分离的介绍、方差分析中应用预程序计算机简化计算的说明、反应面的讨论和例子和“提高精确度”一章等。提高精确度一章讨论了协方差和试验中需要的重复次数。

我们感谢已故的罗纳德·A. 爵士的版权遗嘱执行人费希尔（皇家学会会员）、弗兰克·耶茨博士和伦敦 Longman Group Ltd. 公司，允许翻印他们的《生物学、农学、医学研究用统计表》一书中的表A.2, A.6, A.7和A.8(1974年，第6版)。

T.M. 利特尔

F.J. 希尔斯

1977年9月

目 录

1. 逻辑、研究和试验

演绎推理和归纳推理 (1)

研究工作者的问题 (2)

偶然成分 (3)

统计评价的必要 (5)

研究, 科学的方法和试验 (6)

试验的步骤 (7)

摘要 (9)

2. 一些基本概念

正态分布 (13)

统计符号、平均数和标准差 (15)

变量的两向表 (19)

从正态分布抽样 (21)

样本平均数的分布 (21)

t分布和置信界限 (22)

统计假设和显著性检验 (25)

F分布 (26)

摘要 (28)

3. 方差分析与t检验

两个样本的方差分析 (31)

分步的程序 (33)

平均数差数的总体 (37)

显著性的t检验 (39)

约数和报告用数 (41)

析因试验 (42)

方差分析和试验设计 (44)

摘要 (45)

4. 完全随机设计

随机化 (47)

方差分析 (48)

变异来源和自由度 (48)

校正项 (C) (49)

平方和与均方 (49)

F值 (49)

分析什么和分析理由 (50)

摘要 (51)

5. 随机完全区组设计

随机化 (54)

方差分析 (54)

变异来源和自由度 (55)

校正项 (56)

平方和与均方 (56)

分析什么和分析理由 (57)

区组的均方 (57)

处理的均方 (58)

误差的均方 (58)

F 值 (59)

摘要 (60)

6. 平均数分离

最小显著差数 (61)

多重范围检验 (63)

Duncan多重范围检验 (63)

计划的F检验 (65)

正交系数 (66)

分组比较 (68)
趋势比较 (70)
摘要 (74)

7. 拉丁方设计

随机化 (78)
方差分析 (79)
 变异来源和自由度 (79)
 校正项 (80)
 平方和与均方 (80)
 F值 (81)
平均数分离 (82)
摘要 (85)

8. 裂区设计

随机化 (89)
方差分析 (89)
 变异来源和自由度 (90)
 校正项 (91)
 平方和与均方 (91)
 F值 (92)
平均数分离 (93)
 有关的F检验 (93)
 标准误和LSD (97)
摘要 (99)

9. 裂 裂 区

数据的整理 (101)
方差分析 (101)

变异来源和自由度 (103)
校正项 (104)
平方和与均方 (104)
标准差键 (106)
F值 (106)
平均数分离 (106)
交互作用的划分 (107)
标准误与LSD (109)
摘要 (113)

10. 裂区组

方差分析 (117)
自由度 (117)
校正项 (117)
平方和 (118)
均方 (120)
标准差键 (120)
F值与平均数分离 (120)
标准误 (121)
摘要 (125)

11. 作为重复观察的副区

每组观察的分析 (126)
一年的分析 (129)
F值和平均数分离 (131)
两年以上结合起来分析 (133)
每年的分析 (133)
数年的结合分析 (135)
摘要 (138)

12. 数据变换

方差分析的一些假定 (139)

正态性 (139)

方差的齐性 (140)

平均数和方差的独立性 (142)

可加性 (143)

违背假定的检验 (144)

对数变换 (150)

平方根变换 (154)

反正弦变换, 或角变换 (159)

预先变换尺度 (162)

摘要 (164)

13. 直线相关和直线回归

概念 (166)

相关的测定 (168)

回归 (168)

相关与回归 (169)

直线相关的计算 (171)

快速简捷法 (173)

标准方法 (174)

统计显著性 (175)

回归线 (177)

置信界限 (182)

设有重复的试验的回归 (184)

易犯的误差 (186)

摘要 (191)

14. 曲线关系

曲线的选用 (194)

幂曲线 (195)

指数曲线(生长或衰退曲线) (201)

渐近曲线 (205)

多项式类型 (206)

混合曲线型 (218)

周期型 (219)

摘要 (225)

15. 简捷回归法

多项式曲线配合 (228)

平方和划分 (234)

正规方法和简捷方法比较 (236)

非等间隔处理 (236)

周期性曲线配合 (236)

平方和划分 (240)

摘要 (242)

16. 多重相关和多重回归

相关系数 (244)

回归系数 (246)

一个三个变数的例子 (247)

多于三个变量的情形 (253)

反应面 (255)

摘要 (261)

17. 计数的分析

卡平方 (264)

Yates连续性校正 (266)
卡平方使用说明 (268)
解释结果 (268)
独立性检验 (270)
不齐性 (275)
摘要 (278)

18. 提高精确度

增加重复 (279)
选择处理 (280)
精细的技术 (281)
选择试验材料 (281)
选择试验单元 (281)
增加附加测量——协方差 (282)
 多于一个变异来源的调整 (286)
 调整处理平均数 (287)
 两个调整的处理平均数比较 (289)
 协方差分析的解释 (289)
试验单元有计划的分类——设计 (290)
摘要 (290)

附 表

表A.1 随机数字 (292)
表A.2 t分布 (293)
表A.3 10%, 5%和1%点, F分布 (295)
表A.4 检验不同范围的平均数 (P) 用的显著学生化因数(R) 乘LSD, 5%水平 (303)
表A.5 检验不同范围的平均数 (P) 用的显著学生化因数 (R) 乘LSD, 1%水平 (304)

- 表A.6 X^2 (卡平方) 分布 (305)
- 表A.7 一定显著水平下相关系数 r 的值 (306)
- 表A.8 百分数角变换的度数 (307)
- 表A.9 对数 (308)
- 表A.10 平方与平方根 (310)
- 表A.11 等间隔数据配合至四次曲线与划分平方和用的系数、因数和 K 值 (325)
- 表A.11a 非等间隔处理某些选择集用的系数和因数 (332)
- 表A.12 对一个完整周期的等时间隔数据配合 周期曲线和 划分平方和用的系数 (333)

逻辑、研究和试验

“统计学的目的是给资料离开了正确因果关系法则的问题的分析提供一个客观根据。曾经提出了一个归纳推理的一般逻辑方法以用于这类资料上,并且现在正广泛地应用于科学研究。因此,不但研究工作者,而且兴趣仅在于应用研究成果提高技术的人,对统计学原理都有一些了解是很重要的。特别对农学和生物学更是如此。”

D.J. 芬尼

《农学的统计学入门》

上面这段引语扼要地说明了统计学在农学中的重要性。要完全领悟“归纳推理的一般逻辑方法”的含意,我们必须复习一下逻辑学的基本概念。根据解答问题所用的推理方法,将问题分类时,我们发现仅有两类问题。

演绎推理和归纳推理

第一类问题是我们已知某些一般原理或一组原理,问在特定条件下将会怎样。由一般到特殊,所用的推理类型叫演绎推理。举几个例,就能明白这个概念。

已知圆面积的一般公式 $A = \pi r^2$, 求半径 6 英寸的圆面积是多少?

已知加利福尼亚州的杂草检索表, 问某一杂草属于什么种?

已知波义耳、查理定律, 一定体积的气体当压力和温度有某

一改变时，体积将如何改变？

已知防治病害的一般方法，给一英亩某种作物施一定剂量的杀菌剂，预计产量将如何？

已知一枚无偏向的硬币，抛投时正面出现的机率为 $1/2$ ，问抛10次，结果如何？

我们求学期间遇到的几乎都是这种类型的问题，这些问题要用演绎推理来解决。通常说，农学家要有“良好的基础训练”。它的意思是说，农学家应当掌握大量演绎推理的一般原理和技能，并把它们用到特定的情况中去。

第二类问题和第一类问题相反。我们已知一些特定情况，要求推得能用于由这些特定情况所代表的这类问题所有情况的一般原理。这种由特殊到一般的推理类型叫做归纳推理。下面列举的问题需要用归纳推理，它们和以上说明演绎类型的问题相似。

已知若干个圆的面积和半径，我们能否求出表示所有圆的面积和半径关系的一般公式？

已得若干个尚未明确杂草种的标本，我们应如何作为一个整体来描述这个种的基本特征以及在检索表中表示出这个种和其它种的关系？

已知气体体积在不同压力和温度下的一系列观察值，能解释这些观察值的普遍定律是什么？

已知病害防治试验的一系列结果，对使用的防治方法我们能提出什么一般性建议？

已知硬币的10次投抛结果，关于硬币有无偏向方面，你能得出什么结论？

可以看到，这种类型的问题有一个共同之点，它们都是从一组观察值着手。有些情况，如对一个新种的描述，观察值仅仅是一些自然现象。但通常观察值是在受控制的条件下取得的。对所研究的因素采用一些处理，使它按某种系统的方式来改变，让可能影响观察值的其它因素尽可能的减少。亦即我们在做试验。

研究工作者的问题

我们说过，在求学时遇到的所有问题，几乎都是属于要用演绎推理类型的问题。我们还要说，农学工作者遇到的几乎所有的问题，都是那些要归纳推理的问题。

农学研究工作者面临的典型问题是什么？一般可以这样说，采用某种新的或不同的措施，对农业计划中某项结果是否会有影响？如果有，影响的程度多大？这种问题不能作 100% 的肯定的回答，因为还需考虑到由一个不正确的判断所付出的代价和风险。以后我们将要对这个问题弄得比较清楚。

回答这样的问题，一般要做试验。最简单的试验只需要两个处理——新的措施和旧的措施。一个较复杂的试验，所用的新措施可以有几种不同的级量或方法。更为复杂的试验是同时研究几种措施的影响。

任何一个试验设计的目的是提供一个进行观察的方法（概率抽样），应用这些观察对所研究的措施得出一个合理的概括。归纳推理的一个典型问题就是得出这样的概括。

读者不应该有这样的印象，即归纳推理是与演绎推理不同的一种独立思想体系。归纳法的结论常常需要用精确的演绎方法来核对。

偶然成分

还要说明一下本章开头一段话中的另一句话，“这些问题的资料离开正确的因果关系法则”是什么意思？

从上面例举的问题看，注意到它们当中有重要的差别。在求圆面积的问题中，回答是肯定的。任何一个给定的半径，圆面积只能有一个答案。

抛硬币的问题就完全不同。通常假定硬币是无偏向的；但就抛一次来说，我们都不能肯定其结果如何。可能得到两个结果中的一个，并且两个结果的可能性相等。抛硬币 10 次，出现的结果就更加不确定，正面向上的次数就有 11 种可能的结果。这些结果出现的概率各不相同。显然，这样就有抽样的想法，因为这里在原因和结果间不是简单的一一对应关系。