

现代农业 试验统计

辛淑亮 蔡秋芳 主编

中国计量出版社

高等农业院校试用教材

现代农业试验统计

辛淑亮 蔡秋芳 主编

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代农业试验统计/辛淑亮 蔡秋芳主编. -北京:中国计量出版社,1999

ISBN 7-5026-1176-2

I. 现… II. 辛… III. 数理统计-应用-农业科学-试验
IV. S-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 05442 号

内 容 提 要

本书详细讲解了农业科学试验、统计资料的整理、总体分布、抽样分布、统计推断、次数资料的卡方检验、常用试验的统计分析、回归分析、电算统计和农业科技文章的写作等 10 章内容,提出了修正的无效假设和模糊概率等统计学的新概念。

本书适合于高等农业院校农学、园艺、蔬菜、畜牧、兽医和植物保护等专业的师生及相关专业的科技工作者参考、使用。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

850 mm × 1168 mm 32 开本 印张 17.25 字数 451 千字

1999 年 5 月第 1 版 1999 年 5 月第 1 次印刷

*

印数 1—3 000 定价: 27.00 元

现代农业试验统计 编委会名单

主 编 辛淑亮 蔡秋芳

副主编 宋希云 张廷荣

编写者 王奎先 刘魁英 祝 军 刘学锋

张金政 初庆刚 李士平

前 言

《现代农业试验统计》是为了培养农业院校的大学生进行科学研究的能力，顺应我国素质教育的趋势，推动农业试验统计现代化，为农学、园艺、蔬菜、畜牧、兽医和植物保护等专业编写的统计学教材。

根据教学计划本课程 50~60 学时，精选了 10 章内容：农业科学试验、统计资料的整理、总体分布、抽样分布、统计推断、次数资料的卡方检验、常用试验的统计分析、回归分析、电算统计和农业科技文章的写作。从试验开始，经资料整理和上机分析，到撰写论文，系统完整。章节标记，简单明了。

书中提出了修正的无效假设和模糊概率等统计学的新概念，具有一定的科学价值。作者创立的间接标记字母法，把多重比较的方法融会贯通，易学易懂。运用编写技巧，同一示例用几种方法统计分析，先易后难，循序渐进，事半功倍。编制了随机试验设计、数据转换、方差分析和回归分析等统计软件，先进实用，操作简便，容易推广。

书中引用了国内外的文献资料，谨对作者表示衷心的感谢。计量出版社对本书的出版给予了大力的支持和帮助，在此一并致谢。

热诚欢迎读者朋友，对书中欠妥之处批评指正。

编著者

1998 年 8 月

目 录

1 农业科学试验	(1)
1.1 农业试验概述	(1)
1.1.1 农业试验的任务	(1)
1.1.2 农业试验的要求	(2)
1.2 试验方案	(3)
1.2.1 农业试验的种类	(3)
1.2.2 试验方案的拟定	(8)
1.3 试验误差	(11)
1.3.1 试验误差的概念	(11)
1.3.2 试验误差的来源	(13)
1.3.3 控制误差的途径	(14)
1.4 试验设计	(16)
1.4.1 试验设计的原则	(16)
1.4.2 试验设计的方法	(18)
习题	(31)
2 统计资料的整理	(33)
2.1 农业研究和统计学	(33)
2.1.1 统计方法的功用	(33)
2.1.2 统计资料的种类	(35)
2.2 次数分布	(36)
2.2.1 次数分布表	(36)
2.2.2 次数分布图	(41)
2.3 平均数	(44)
2.3.1 平均数的意义和种类	(44)
2.3.2 算术平均数的主要特性	(48)

2.3.3	算术平均数的计算方法	(50)
2.4	变异数	(51)
2.4.1	变异数的意义和种类	(51)
2.4.2	自由度	(54)
2.4.3	标准差的计算方法	(56)
2.5	变异系数	(57)
2.5.1	均数不同的两样本比较	(58)
2.5.2	单位不同的两样本比较	(58)
	习题	(59)
3	总体分布	(61)
3.1	二项分布	(61)
3.1.1	二项分布的意义	(61)
3.1.2	二项分布的表示方法	(61)
3.1.3	二项分布的参数	(63)
3.1.4	二项分布的形状和正态近似	(64)
3.2	泊松分布	(65)
3.2.1	泊松分布的意义	(65)
3.2.2	泊松分布的表示方法	(65)
3.2.3	泊松分布的参数和形状	(66)
3.2.4	确定样本容量	(67)
3.3	正态分布	(67)
3.3.1	正态分布的意义	(67)
3.3.2	正态分布的特性	(69)
3.3.3	正态分布的区间概率	(69)
3.3.4	二元正态分布	(72)
	习题	(73)
4	抽样分布	(74)
4.1	抽样分布的意义	(74)
4.2	样本平均数的抽样分布	(75)
4.2.1	μ 分布	(75)

4.2.2 t 分布	(88)
4.3 样本方差的抽样分布	(91)
4.3.1 χ^2 分布	(91)
4.3.2 F 分布	(94)
习题	(97)
5 统计推断	(99)
5.1 统计推断的基本概念	(99)
5.1.1 参数估计和假设检验	(99)
5.1.2 无效假设和备择假设	(102)
5.1.3 显著水平和置信概率	(104)
5.1.4 接受区域和否定区域	(107)
5.1.5 两尾检验和一尾检验	(107)
5.1.6 弃真错误和取尾检验	(109)
5.2 正态总体均数 μ 和方差 σ 的推断	(113)
5.2.1 总体均数 μ 的推断	(113)
5.2.2 总体方差 σ 的推断	(122)
5.3 两个总体均数差数 $(\mu_1 - \mu_2)$ 和方差 $(\sigma_1^2 / \sigma_2^2)$ 的推断	(125)
5.3.1 两个总体方差 $(\sigma_1^2 = \sigma_2^2)$ 的推断	(126)
5.3.2 两个总体均数差数 $(\mu_1 = \mu_2)$ 的推断	(130)
5.4 二项总体百分数的推断	(144)
5.4.1 总体百分数 p 的推断	(145)
5.4.2 两个总体百分数差数 $(p_1 - p_2)$ 的推断	(148)
习题	(155)
6 次数资料的卡方检验	(157)
6.1 单向分组次数资料的适合性检验	(157)
6.1.1 $k=2$ 组次数资料的适合性检验	(158)
6.1.2 $k \geq 3$ 组次数资料的适合性检验	(161)
6.1.3 次数分布表的适合性检验	(162)
6.2 两向分组次数资料的独立性检验	(165)

6.2.1	2×2 组次数资料的独立性检验	(165)
6.2.2	$r \times c$ 组次数资料的独立性检验	(168)
	习题	(170)
7	常用试验的统计分析	(171)
7.1	直观分析	(171)
7.1.1	对比法试验的直观分析	(172)
7.1.2	间比法试验的直观分析	(174)
7.2	方差分析	(177)
7.2.1	方差分析对统计资料的要求	(178)
7.2.2	方差分析的基本方法	(184)
7.2.3	完全随机试验的方差分析	(198)
7.2.4	随机区组试验的方差分析	(202)
7.2.5	裂区试验的方差分析	(215)
7.2.6	拉丁方试验的方差分析	(220)
7.2.7	条区试验的方差分析	(223)
7.2.8	系统分组试验的方差分析	(228)
7.2.9	正交试验的方差分析	(232)
7.2.10	正交单一自由度的 F 检验	(238)
	习题	(242)
8	回归分析	(246)
8.1	一元回归分析	(246)
8.1.1	一元线性回归分析	(246)
8.1.2	一元非线性回归分析	(270)
8.2	多元回归分析	(291)
8.2.1	多元线性回归分析	(292)
8.2.2	多元非线性回归分析	(305)
	习题	(310)
9	电算统计	(312)
9.1	电子计算器的使用技巧	(312)
9.1.1	电子计算器的产生和发展	(312)

9.1.2	电子计算器的特点和种类	(313)
9.1.3	fx-3600p 型电子计算器的使用技巧	(314)
9.1.4	其他型号电子计算器的使用	(340)
9.2	电子表格处理软件 Louts 1-2-3	(341)
9.2.1	电子表格软件概述	(341)
9.2.2	认识 Lotus 1-2-3	(344)
9.2.3	使用 Lotus 1-2-3	(411)
10	农业科技文章的写作	(481)
10.1	科技文章的种类	(481)
10.1.1	学术性的科技文章	(481)
10.1.2	技术指导性的文章	(482)
10.1.3	科普性的文章	(482)
10.2	试验研究报告	(482)
10.2.1	试验研究报告的内容	(482)
10.2.2	试验研究报告的编写	(484)
	附录	(486)
附表 1	标准正态分布表	(486)
附表 2	t 分布表	(489)
附表 3	χ^2 分布表	(491)
附表 4	F 分布表	(493)
附表 5	SSR_{α} 值表	(499)
附表 6	随机数字表	(502)
附表 7	正交表	(503)
附表 8	$5\%q$ 值表	(508)
附表 9	相关系数 r_{α} 与 R_{α} 值表	(510)
附表 10	百分数反正弦转换表	(512)
附表 11	希腊字母表	(515)
	主要统计符号和注解	(516)
	现代农业试验统计术语英汉对照表	(522)
	参考文献	(535)

农业科学试验

农业，包括种植业、林业、畜牧业和渔业，是国民经济的基础产业。为了提高农产品的产量和质量，必须加强农业科学研究。科技成果转化是实现农业可持续发展的重要环节，对农业的发展具有十分重要的意义。

1.1 农业试验概述

1.1.1 农业试验的任务

农业试验是农业科学研究的具体体现。所谓农业试验，是为了提高农业生产力而进行的有计划科学实验，是指科学上为阐明某一现象而创造特定的条件，观察它的变化和结果的过程。农业试验是农业科学理论与农业生产之间联系的桥梁。

我国是一个农业大国，农民占总人口的80%以上。农业是我国经济发展、社会安定、国家自立的基础，农业的稳定发展是整个国民经济稳定增长的前提。《农业法》明确规定了农业发展的基本目标和基本任务，即：努力发展农村社会主义市场经济，进一步解放和发展农村的生产力，开发、利用农村的劳动力、土地和各种资源，增加农产品的有效供应，满足人民生活和社会经济发展的需要；在发展生产的基础上增加农业劳动者的收入，提高其生活水平，建设共同富裕的文明的新农村，逐步实现农业现代化。简单地讲，一是增加农产品的有效供应；二是增加农业劳动者的收入。

农业试验的任务，就是研究解决农业(产前、产中、产后)发

展中面临的各种各样的难题，增加科技储备，促进农业的可持续发展。

1.1.2 农业试验的要求

对于各种试验的一般要求，是以试验次数尽量少的试验获得足够有效的统计资料，从而得到较可靠的试验结论。农业试验通常是在易于控制的较小的空间中进行的有计划的实践活动。因而，它有可能最大限度地排除各种非研究因素的干扰，控制各个因素在试验中的条件，研究在各种允许的条件下解决问题的途径，即使失败亦不致于造成大的损失。所以，农业试验能够有效地解决农业生产中面临的问题。由于农业生产有着较强的地域性，生产水平又不断地发展变化，新情况和新问题层出不穷，故这类试验的面广量大。为了有效地做好试验，使试验结果能在提高农业生产和农业科学的水平上发挥应有的作用，对农业试验的基本要求是：

(1)试验的目的要明确。对试验的预期结果及其在农业生产和科研中的作用，要大致心中有数，要有明确的试验目的。选择试验项目时，应抓住当时当地的农业发展中急需解决的问题，并从发展的观点出发，适当地照顾到将来可能突出的问题进行研究。加强农业科学基础方面的研究工作，组织重大科研课题的联合攻关。农业科技基础研究与应用研究应统筹规划。在发展常规农业技术的同时，加强高新技术的研究，要瞄准世界科技发展趋势，加强农业对外科技交流与合作，以利引进、消化、吸收国外先进的科学技术，不断跟踪世界科技发展的步伐，在世界农业科技领域占领一席之地。

(2)试验条件要有代表性。试验条件应该能代表将来准备推广这种试验结果的地区的自然条件 and 生产条件，对科技成果的转化具有重要的意义。因为，只有在有代表性的试验条件下，新品种或新技术在试验中的表现，才能真正反映今后拟应用和推广地区实际生产中的表现。目前，我国的农业科技成果转化率低，科技成果对农业发展的贡献率仅为 39%，与试验条件的代表性有很

大关系。因此，在进行试验时，既要考虑目前的条件，还要预见到将来的变化，使试验结果既能符合当前的需要，而又能为今后的农业发展做储备，使农业试验真正成为农业生产的先导。

(3)试验结果要可靠。试验结果用观察值表示，对观察值以准确度和精确度作出评价。准确度是指观察值与其相应真值的接近程度，越是接近，则观察值的准确度越高。其差数由系统误差和偶然误差决定，反映观察值的真实性与准确性。精确度是指在相同条件下重复观察值彼此接近的程度。它是由偶然误差所造成的差异，反映观察值之间的变异性。当试验没有系统误差时，精确度与准确度一致。但在一般试验中真值为未知数，故准确度不易确定。因此，实验者常用精确度来判断试验结果的好坏，它是可以计算的，即偶然误差的大小。偶然误差越小，则观察值的精确度越高。在进行试验的全过程中，必须准确地执行试验所规定的操作规范，力求避免发生人为造成的错误和系统误差。特别要注意试验条件的一致性，即除了将所研究的因素有意识地进行不同处理外，其他条件及一切非试验因素都应尽可能一致，即所谓的“唯一差异原则”，以减少误差，提高试验结果的可靠性。

(4)试验结果要能够重现。在相同条件下再进行试验或实践，应能重现与原试验相类似的结果，对农业科学研究成果的推广和向农业生产实践的转化具有极为重要的意义。

1.2 试验方案

试验方案是根据试验目的与要求所拟定的、需进行比较的一组试验处理的总称。因为处理是试验研究的对象，是试验工作的核心部分，所以必须慎重考虑。如考虑不周，因素和水平选择不当，未能包括所要比较的全部处理，致使试验结果不能圆满地解答试验所提出的问题，因而就不可能达到试验的目的和要求。

1.2.1 农业试验的种类

为了拟定一个正确合理的试验方案，对试验的种类应当有所

了解。

(1)按数据收集的途径分类。

①调查。调查分为全面调查和抽样调查两种。统计调查方案应当包括以下五个基本问题：a. 确定调查的目的。b. 确定统计调查的对象和调查单位。c. 确定统计调查的内容和调查表。d. 确定统计调查的组织形式、范围、方式和方法。e. 调查工作的组织实施。

调查的目的是为了解决农业发展中遇到的某种问题，通过调查获取相应的统计资料，提出所要解决问题的课题。在农业科学研究中，全面调查的情形较少，国家统计局公布的农作物的面积和产量等统计资料是全面调查的结果。调查多为抽样调查，抽样调查是一种非全面调查。它是从调查对象的全部单位中抽取一部分单位进行调查，并以部分单位的调查结果来反映、代表和推断总体。从有限总体中抽样，一般按抽选观察单位方法的不同而将抽样方法分为三大类：

a. 随机抽样。在抽选单位时，应该使总体内所有各个单位均有同等机会被抽取，换句话说，都有相等的被抽取的概率，因此随机抽样又称为概率抽样。一般可采用抽签法或随机数字表法进行随机抽样。由于随机性，任一单位被抽取不受主观因素的偏袒作用，正确的误差估计成为可能，概率理论能够应用，从而作出可靠的科学结论。

b. 典型抽样。按研究目的从总体内有意识地选取有代表性的典型单位或单位群，至少要求所选取单位能代表总体的绝大多数。用这种方法选取的样本，称为典型样本。从很大容量的总体中选取较小数量的抽样单位时，往往采用这种方法。例如，羊毛长度的调查，由于羊毛在身体各部位的变异较大，可以在目测有代表性的几个部位取样调查。但是，由于这种方法完全依赖于调查工作者的经验、知识和技能，结果很不稳定，而且不符合随机原理，无法估计抽样误差。

c. 顺序抽样(机械抽样)。按某种既定的顺序，抽取一定数量

抽样单位构成样本。例如，在总体单位编号中，按间隔相等编号依次抽出所需单位，编号 5, 15, 25, 35, …等。常用的顺序抽样方式，有对角线式、棋盘式、分行式、平行线式及 Z 字型式等。

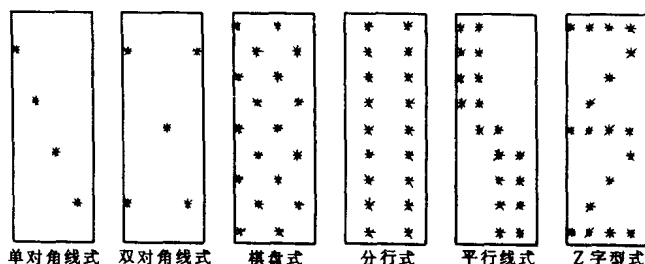


图 1-1 常用的顺序抽样方式

②试验。所谓试验，就是在某种确定的条件下观察所发生的现象。适用于无限总体的探索性研究。通过试验所得数据，称为试验数据，是统计资料的主要来源，关于试验设计方法将在 1.4 中专门介绍。

(2)按试验因素的多少分类。

①单因素试验。在试验方案中，只研究某一因素的若干处理，故而称为单因素试验。由于这种试验方案简单又称为简单方案。单因素试验中的每个水平即为一个处理，水平数等于处理数。例如，甲、乙、丙 3 个品种的比较试验中，品种是试验因素，每一个品种即为一个水平，称为一个处理；甲、乙、丙 3 个品种就是 3 个处理。单因素试验在设计上较简单，试验目的明确，试验结果易于分析。

②复因素试验。在试验方案中，同时研究两个或两个以上的因素，各个因素都分为不同水平，各因素不同水平的组合即为试验的处理或处理组合，这种试验称为复因素试验。由于这种试验方案复杂又称为复杂方案。复因素试验的全部处理组合数等于各因素水平数的乘积。例如，在甲、乙、丙 3 个品种与高、中、低 3 种施肥量的两因素试验中，共有 $3 \times 3 = 9$ 个处理组合（甲高、甲中、甲低、乙高、乙中、乙低、丙高、丙中、丙低）。这样的试验，

除了可以明确两个试验因素的作用外，还可以找出 3 个品种对 3 种施肥量是否有不同反应和选取最优处理组合。因此，复因素试验的效率比单因素试验高，不仅可以研究一个因素在另一因素的各个不同水平上的平均效应(主要效应)，还可以探索因素间的交互作用(互作效应)，能够较全面地说明问题。但拟定这种试验方案时，因素的数目和各因素的水平数不宜过多，以免试验过于复杂，且多因素间的交互作用的意义亦难以说明。

③综合性试验。在试验方案中，同时研究多个因素、多个水平的部分处理组合，称为综合性试验。在这种试验中，由于供试因素的各个水平不构成全部的处理组合，因此可使多因素试验的处理组合数大为减少。综合性试验的目的在于探讨一系列供试因素某些处理组合的综合作用，它不研究亦不可能研究个别因素的效应和因素间的交互作用。所以，综合性试验必须建立在对于起主导作用的那些因素及其交互作用已基本清楚的基础上。它的一个处理组合就是一系列经过实践初步证明的优良水平的配套。选择一种或几种适合当地条件的综合性丰产技术与当地常规技术作比较，对于示范推广高新技术有着不可替代的作用。

(3)按试验进程分类。

①预备试验(初步试验)，是一种探索性试验。它的试验规模小，设计简单，时间短，要求的准确性较低，只求探索一些解决问题的苗头，然后在此基础上再进一步研究，使正式试验建立在有把握的基础上。

②基本试验(主要试验)，是在预备试验的基础上，按照严格的试验设计和试验技术要求进行的试验。试验的处理和重复数较多，要求的准确性亦高。

③示范试验(生产试验)，是一种推广性质的试验，应尽量地接近生产条件，要能够重现基本试验的结果。它的试验面积较大，试验地和试材要有代表性，处理和重复次数宜少，试验准确性要高。

(4)按试验场所分类。

①田间试验，是农业试验的主要形式，它以差异对比法为基础，在有人为控制的条件下，观察比较不同处理的反应和效果。田间试验的环境条件最接近生产实际情形，但由于温度、湿度、光照、土壤养分等环境条件难以控制，增加了进行试验的复杂性。

②温室试验，是在较严格的控制条件下，观察作物的生长发育规律，比较不同处理的效果。由于试验误差小，所得试验结果准确可靠。

③实验室试验，是在严格的控制条件下进行的一些特殊试验，如组织培养试验、花粉发芽试验等，对于阐明农业生产中的一些理论问题是极为有用的，应在有条件时充分利用。

(5)按试验内容分类。

①品种试验，是将基因型不同的品种在相同条件下进行比较试验，简称为品比试验。

②栽培试验，是将基因型相同的品种在不同栽培条件下进行比较试验。例如，密植试验。

③贮藏加工试验，是研究农产品的贮藏和加工技术的试验。试验的目的是提高农产品的商品性，使经济效益增加。

(6)按试验点的多少分类。

①单点试验，只在一个地点进行的试验称为单点试验。

②多点试验，在多个地点进行相同的试验称为多点试验。这种在各点不同的自然条件下进行的试验，有助于提早肯定试验成果的适应范围，有利于新品种和新技术的推广。

(7)按试验年份的多少分类。

①一年试验，只进行一年的试验称为一年试验。例如，营养成分测定试验。

②多年试验，需连续进行多年的试验称为多年试验。例如，苹果砧木试验，由于栽后2~3年才能结果，所以这种试验至少要进行3~5年。

(8)按试验区的大小分类。

①小区试验，每一处理的面积小于60m²的试验叫小区试验。