



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

试验统计方法

盖钧镒 主编

植物生产各专业用



中国农业出版社

面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

试验统计方法

(《田间试验和统计方法》重编版)

盖钧镒 主编

植物生产各专业用

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

试验统计方法/盖钧镒主编. - 北京: 中国农业出版社, 2000.6

面向 21 世纪课程教材

ISBN 7-109-06306-2

I. 试… II. 盖… III. ①田间试验-试验设计 (数学)-教材 ②田间试验-统计分析 (数学)-教材
IV. S3-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 23940 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 徐建华

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月北京第 2 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 27

字数: 617 千字 印数: 6 001~16 000 册

定价: 42.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

《试验统计方法》(《田间试验和统计方法》重编版)是纳入教育部“国家重点教材建设”和“面向 21 世纪课程教材”计划的重编版教科书,供植物生产类包括农学、园艺、草业、植物保护、生物技术、农业资源与环境等专业使用。本书内容包括有 15 章,可分为 7 个单元。第一单元在介绍科学研究基本过程、试验方案制订和试验误差及其控制的基础上进一步讲述田间试验的误差来源、土壤差异和控制误差的小区技术、试验设计、实施规则以及试验数据的获取。第二单元从样本试验数据最基本的描述统计开始,进而介绍研究对象总体的理论分布、统计数的抽样分布及统计数的理论概率。第三单元在误差理论的基础上引入通过假设测验进行统计推断的基本方法,介绍平均数比较的 u 测验和 t 测验,然后进一步介绍 F 测验和 χ^2 测验及其应用,包括计量数据的方差分析和计数数据的统计分析等。第四单元承上启下介绍参数估计方法,包括矩法、最小二乘法 and 极大似然法等。第五单元进入二类及二类以上变数关系间的分析,包括一元、多元线性回归与相关,以及曲线回归。第六单元为方差分析的进一步应用,介绍单因素、多因素及不完全区组试验结果的统计分析。最后第七单元介绍应用于调查研究的抽样调查方法、抽样结果的统计分析以及抽样方案的设计。本书内容较其第一、二版从多方面作了增补,信息量大;采用非数学性的叙述方法,深入浅出,便于理解;着重介绍方法和应用,每种方法均配有例题,可供比照使用。本书内容有伸缩性,可供“试验统计方法”、“田间试验和统计方法”、“生物统计学”、“试验设计”等不同课程使用。本书可作为本科生、大专生教材,研究生的参考书,也可供有关专业的教师、学生和研究人员参考使用。

重 编 版 编 者

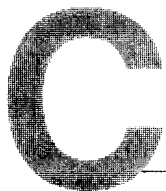
主编 盖钧镒 (南京农业大学)
编者 翟虎渠 (南京农业大学)
胡蕴珠 (南京农业大学)
蒯建敏 (扬州大学)
管荣展 (南京农业大学)
章元明 (南京农业大学)
审稿 潘家驹 (南京农业大学)
孔繁玲 (中国农业大学)

第二版修订者

主 编 马育华 (南京农业大学)
编写者 卢宗海 (北京农业大学)
莫惠栋 (江苏农学院)
盖钧镒 (南京农业大学)
张全德 (浙江农业大学)
马泽仁 (南京农业大学)
审稿者 除上述人员外, 尚有:
周承钊 (浙江农业大学)
范 濂 (河南农学院)
翟婉萱 (沈阳农业大学)
姜藏珍 (山西农业大学)

第一版编审者

主 编 人 马育华 (南京农学院)
编写人员 周承钊 (浙江农业大学)
盛承师 (湖南农学院)
卢宗海 (北京农业大学)
莫惠栋 (江苏农学院)
李佐坤 (华中农学院)
孙广芝 (吉林农业大学)
审 稿 人 除上述同志外, 尚有:
邱 厥 (西南农学院)
范 濂 (河南农学院)
王鸿钧 (西北农学院)
韩承伟 (内蒙古农牧学院)
孙直夫 (安徽农学院)
张全德 (浙江农业大学)
翟婉萱 (沈阳农学院)
姜藏珍 (山西农学院)
林德光 (华南热带作物学院)



重 编 版 前 言

《田间试验和统计方法》教材自 1979 年出版发行并在全中国农业院校试用以来,已有 20 年的使用经历。期间于 1985 年修订再版一次,前后二版发行量近 40 万册。这本教材得到教学、科研单位师生和研究人员的广泛接纳、应用,说明了它在人才培养、研究工作中起过重要作用,因而获得了 1996 年农业部优秀教材一等奖和 1997 年国家级教学成果一等奖。

根据教育部规定,随着时代的发展,教材要定期修订、重编,以适应新时代的需要。教学改革的发展,趋向拓宽专业面。教育部对高等教育专业目录作了新的调整,对教材提出了新的要求。农业部科教司决定将《田间试验和统计方法》重编,并纳入了教育部的“国家重点教材建设”和“面向 21 世纪课程教材”计划。

接受《田间试验和统计方法》重编任务后,聘请了多年从事这门课程教学和研究的专家组成编写小组。经广泛的调查研究确定了重编这本教材的一些原则性意见,包括(1)教学对象从农学专业扩展为植物生产类有关专业,包括农学、园艺、草业、植物保护、生物技术、农业资源与环境等。(2)田间试验是植物生产类专业最基本的科学实验,尽管现代农业科学研究采用了大量的温室及实验室的试验,但田间试验仍是最重要的,因此本教材的内容仍侧重在田间试验和统计方法上,但注意到实验室的应用。(3)教材在内容上有伸缩性,以便各校各专业开设不同学时的课程有选择的余地。为兼顾不同专业要求,需适当扩充内容,并注意通过例题启发在不同专业领域的应用。(4)为便于植物生产类及有关专业学生的阅读,本教材的写法是非数学性的,要求易于理解和体会。

按照上述编写原则,本教材在总体框架和写作上作了以下几方面的调整:(1)增设绪论一章介绍科学试验的基本概念,将田间试验的设计与实施,由原 1、6 两章,合为一章;(2)保持原有描述统计、统计推断、相关回归、田间试验设计和分析, χ^2 测验、抽样方法等基本框架;(3)增加参数估计方法、曲线回归及不完全区组设计和统计分析等三章;(4)在 χ^2 应用、回归分析、多因素试验、抽样调查方面扩展应用内容,其中为说明混杂设计的方法将第一版中曾有的正交试验法改写后重新纳入本书;(5)增加内容,但不增加太多篇幅,文字力求简明;(6)适应现代计算机教学的发展,增编 SAS 统计软件应用的附录;(7)为加强实践教学增加了“实习指南”供选用,同时还增加了习题的数量;(8)符号体系及术语在第一、二版的基础上进一步规范化;将试验处理看作自变量,试验数据看作依变量并统以 y 表示。

本教材的名称直到完稿时才决定采用原名的简称《试验统计方法》,其原因一是简化后便于

称呼，二是更切合于不同专业的需要。这只是一次尝试，是否妥当有待实践的检验。

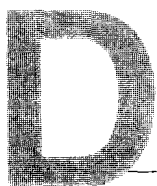
本教材第一、七、十四、十五章由盖钧镒，第二、六、十二章由胡蕴珠，第三、四、五章由翟虎渠，第八、十三章由管荣展，第九、十、十一章及实习指南由蒯建敏编写或修订，插图及SAS简介由管荣展编制，其他附表、附录、索引由管荣展、章元明编写、修订。全书由盖钧镒、章元明负责统稿，最后由主编定稿。统稿、定稿过程中为保证全书贯穿平衡，内容上作了适当调整和增删。本教材的编写是全体编者和工作人员共同努力的结果，感谢全体人员的相互配合和共同努力。特别要感谢两位审稿专家在百忙中不辞辛劳，对文稿提出了许多宝贵意见，使教材更趋完善。还要感谢何小红同志在教材汇编定稿打印过程中所作出的贡献，由于他细致踏实的工作，使本教材在格局、体例、术语、符号上尽可能保持一致。

在本教材即将完稿付印的时候，编者特别怀念本书的第一、二版主编马育华教授。本书的基本框架是马育华教授数十年从事试验统计教学工作的结晶，同时也是前两届编写组人员共同努力的结果。感谢他们为本书的重编奠定了良好的基础。

尽管编写这本教材的时间是充裕的，但成稿还是很匆促的，对教材内容作的调整也只是一种尝试，有待实践的检验，加上主编水平有限，书稿中还存在许多缺点、错误和不足之处，恳请各位读者随时指正，以便再次修订时改进。

盖钧镒

1999年12月



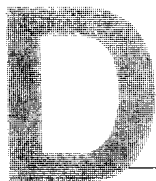
第二版前言

《田间试验和统计方法》教材自 1979 年发行在全国各高等农业院校试用以来，已历时四年有余，在试用过程中积累了不少教学经验。随着高等农业教育、科研和生产实践的不断发展，为了进一步完善教材内容，主编单位南京农业大学受农牧渔业部的委托，组织成立了《田间试验和统计方法》教材修订编审小组，负责在原教材的基础上修编第二版《田间试验和统计方法》。一年来，编审小组收集了二十多所高等农业院校意见，普遍认为本教材是一本既有理论阐述又有实践内容，比较完整、系统，内容比较丰富的教材，但也认为为了使教材更符合当前学科的普遍水平已提高的情况，满足学科发展的需要，使之继续保持科学性、系统性和近代性，更臻完善，需及早进行修订。编审小组根据这些意见和本学科当前的进展，对原教材进行了全面的修订。修订本仍保持原来章目共十二章，但其中有些章节系新编，如增添了第三章理论分布的泊松分布，第六章的条区、再裂区试验设计，第十章的多元回归方程和正规方程组的矩阵解法等；有的删旧布新，如第八章删去正交试验设计和统计分析，增编了条区试验与再裂区试验及多年、多点的联合区域试验的统计分析方法，第十二章删去了两级抽样和多级抽样等；有的在章节的内容安排上作了一定的调整，并普遍地加强了田间试验和统计分析方法的基本原理阐述和与实际应用的联系，对各章所附习题亦作了些改动。此外，还增附了田间试验和统计术语的英汉对照和进一步学习的参考书目，供读者参阅。

本次教材由北京农业大学修订第四、五章，江苏农学院修订第九、十章，浙江农业大学修订第一、六章，南京农业大学修订第二、三、七、八、十一、十二章。在本次教材审稿时承蒙参加审稿的教授、专家们提出了很多宝贵的意见。在审稿和定稿过程中，得到了浙江农业大学的热情协助，在此谨表由衷的感谢。由于时间仓促，水平有限，本教材从形式到内容都还会存在着许多缺点和不足之处，恳望广大师生和各方面的读者不吝珠玉，随时指正，以便再次修订时改进。

编者

1985 年 6 月



第一版前言

《田间试验和统计方法》是农学的专业基础课。根据全国高等农业院校农学专业教育计划，本课程的教学要求，首先是学习有关田间试验的基本知识，了解在进行试验过程中选用试验方案，控制试验误差以及设计和实施试验的一些基本方法。其次，学习有关试验数据分析的基本技能，如整理试验数据和计算平均数、变异数等，从而对试验所获结果有一个数量概念。第三，学习有关从试验数据进行归纳的统计推断原理和程序，由是对于样本与总体的关系以及试验的偶然因素性质有一个清楚概念，因而能对试验结果作出科学的结论。

在编写过程中，参加同志除多次讨论了本课程的教学要求外，也讨论了深、广度。认为在广度方面必须介绍田间试验的基本概念和与田间试验有密切联系而又广泛应用的统计方法两个部分。在深度方面则必须介绍田间试验和统计的基本知识和技能，便于进行科学试验；介绍近代试验统计理论而又密切联系我国当前田间试验的实际需要，为科技的现代化提供研究手段；介绍着重于删繁就简，清晰易懂的统计内容，而不计较于数学公式的推导等等。根据这些原则来指导编写本课程的具体内容。

本课程内容共分十二章。第一章田间试验的基本概念，着重讲述田间试验的任务、类型和有关试验误差、试验方案等。第二章提出试验数据的整理方法，如制作次数分布表和分布图以及计算平均数、变异数等描述性质的统计方法。第三章从理论上讲述变数的理论分布，包括二项分布和正态分布；与统计数的抽样分布，包括样本平均数及其差数的抽样分布，使学生学习后在统计推断上有了理论基础；概率的基本概念也在本章开始时讲授。第四章的统计假设测验和第五章的方差分析则是应用了科学的归纳方法，从样本以推断总体的主要统计方法；从这两章讲授了主要的统计假设测验方法，如 u 测验、 t 测验和 F 测验。第六、七、八共三章则介绍了当前田间试验常用的试验设计及其原理，以及田间布置、实施的具体内容；试验结果的分析方法，包括单因素试验（第七章）和多因素试验（第八章）的分析，同时也介绍了目前常用的正交设计及其分析。第九、十两章介绍两个及多个变数的关系的统计方法，包括两个变数的直线回归与相关，多个变数的线性回归与相关。第十一章讲述次数数据的分析方法；由于本章讲及 χ^2 分布的应用，因之也解释变异数的测验和比较方法。至此，统计方法中四种主要统计测验： u 、 t 、 F 和 χ^2 测验均已一一介绍。第十二章讲授田间抽样的基本概念和分析方法。书后附有统计用表 14 个以及统计符号解释等。

全书要求学生具有高中水平的数学基础（仅有几处提及微积分概念）和一定的农学知识。由

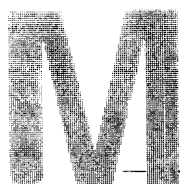
于本书是一本教科书，为使学生切实掌握基本要领和计算技能，书中有较多例题说明，并在每章之末附有习题，计算题则附有答案，便于习题课采用或做为课外练习用。

考虑到本课程的教学时间，一般院校可仅讲授 10 章，而将第十章“多元回归和相关”和第十二章“田间抽样”作为参考资料，但是，有条件的院校也可以加讲这两章。另外，在各章有些较困难节、段则标以“*”号，讲授时将其略去也不失全书的系统性。这样，在一个学期内（周学时 4 小时）可以授完本课。

本书如有错误或不确切之处，恳请批评指正，以便日后修改。

编 者

1978 年 10 月



目 录

第一章 绪论——科学试验及其误差控制

第一节 科学研究与科学试验	1
一、农业和生物学领域的科学研究	1
二、科学研究的基本过程和方法	1
第二节 试验方案	3
一、试验因素与水平	3
二、试验指标与效应	4
三、制订试验方案的要点	6
第三节 试验误差及其控制	8
一、试验数据的误差和精确性	8
二、试验误差的来源	9
三、随机误差的规律性	9
四、随机误差的层次性	10
五、试验误差的控制	10
第四节 试验统计学的发展和本课程的主要内容	11
一、试验统计学的发展	11
二、本课程的主要内容	11
习 题	12

第二章 田间试验的设计与实施

第一节 田间试验的特点和要求	13
一、田间试验的特点	13
二、田间试验的基本要求	14
第二节 田间试验的误差与土壤差异	14
一、田间试验的误差	14
二、试验地的土壤差异	16

三、试验地的选择和培养	16
第三节 田间试验设计的原则	17
第四节 控制土壤差异的小区技术	18
一、试验小区的面积	18
二、小区的形状	20
三、重复次数	20
四、对照区的设置	20
五、保护行的设置	21
六、重复区（或区组）和小区的排列	21
第五节 常用的田间试验设计	21
一、顺序排列的试验设计	22
二、随机排列的试验设计	23
第六节 田间试验的布置与管理	29
一、田间试验计划的制订	29
二、试验地的准备和田间区划	30
三、种子准备	31
四、播种或移栽	31
五、栽培管理	32
六、收获及脱粒	32
第七节 田间试验的观察记载和测定	32
一、田间试验的观察记载	32
二、田间试验中的取样测定	33
第八节 温室与实验室的试验	33
习 题	34

第三章 次数分布和平均数、变异数

第一节 总体及其样本	35
第二节 次数分布	36
一、试验资料的性质与分类	36
二、次数分布表	36
三、次数分布图	39
第三节 平均数	41
一、平均数的意义和种类	41
二、算术平均数的计算方法	41
三、算术平均数的重要特性	42
四、总体平均数	42
第四节 变异数	42

一、极差	43
二、方差	43
三、标准差	44
四、变异系数	46
第五节 理论总体的平均数和标准差	46
习 题	47

第四章 理论分布和抽样分布

第一节 事件、概率和随机变量	48
一、事件和事件发生的概率	48
二、事件间的关系	49
三、计算事件概率的法则	50
四、随机变量	51
第二节 二项式分布	52
一、二项总体及二项式分布	52
二、二项式分布的概率计算方法	52
三、二项式分布的形状和参数	56
四、多项式分布	56
五、泊松分布——二项分布的一种极限分布	57
第三节 正态分布	58
一、二项分布的极限——正态分布	59
二、正态分布曲线的特性	60
三、计算正态分布曲线区间面积或概率的方法	62
第四节 抽样分布	65
一、统计数的抽样及其分布参数	66
二、正态总体抽样的分布规律	69
三、二项总体的抽样分布	71
习 题	72

第五章 统计假设测验

第一节 统计假设测验的基本原理	74
一、统计假设	74
二、统计假设测验的基本方法	75
三、两尾测验与一尾测验	78
四、假设测验的两类错误	78
第二节 平均数的假设测验	81
一、 t 分布	81

二、单个样本平均数的假设测验	82
三、两个样本平均数相比较的假设测验	83
第三节 二项资料的百分数假设测验	88
一、单个样本百分数（成数）的假设测验	88
二、两个样本百分数相比较的假设测验	89
三、二项样本假设测验时的连续性矫正	90
第四节 参数的区间估计	92
一、总体平均数 μ 的置信限	92
二、两总体平均数差数（ $\mu_1 - \mu_2$ ）的置信限	93
三、二项总体百分数 p 的置信限	95
四、两个二项总体百分数差数（ $p_1 - p_2$ ）的置信限	95
五、区间估计与假设测验	96
习 题	96

第六章 方差分析

第一节 方差分析的基本原理	99
一、自由度和平方和的分解	99
二、 F 分布与 F 测验	101
第二节 多重比较	103
一、最小显著差数法	104
二、 q 法	104
三、新复极差法	105
四、多重比较结果的表示方法	106
五、多重比较方法的选择	107
第三节 方差分析的线性模型与期望均方	108
一、方差分析的线性数学模型	108
二、期望均方	109
第四节 单向分组资料的方差分析	110
一、组内观察值数目相等的单向分组资料的方差分析	111
二、组内观察值数目不等的单向分组资料的方差分析	112
三、组内又分亚组的单向分组资料的方差分析	114
第五节 两向分组资料的方差分析	118
一、组合内只有单个观察值的两向分组资料的方差分析	118
二、组合内有重复观察值的两向分组资料的方差分析	120
第六节 方差分析的基本假定和数据转换	124
一、方差分析的基本假定	124
二、数据转换	125

习 题	127
-----------	-----

第七章 卡平方 (χ^2) 测验

第一节 卡平方 (χ^2) 的定义和分布	130
第二节 χ^2 在方差同质性测验中的应用	131
一、一个样本方差与给定总体方差比较的假设测验	131
二、几个样本方差的同质性测验	133
第三节 适合性测验	134
一、适合性 χ^2 测验的方法	134
二、各种遗传分离比例的适合性测验	135
三、次数分布的适合性测验	137
第四节 独立性测验	139
一、 2×2 表的独立性测验	139
二、 $2 \times c$ 表的独立性测验	140
三、 $r \times c$ 表的独立性测验	141
第五节 χ^2 的可加性和联合分析	142
习 题	143

第八章 参数估计方法

第一节 农业科学中的主要参数及其估计量的评选标准	145
一、农业科学中的主要参数	145
二、参数估计量的评选标准	145
第二节 矩法	147
一、矩的概念	147
二、矩法及矩估计量	147
第三节 最小二乘法	149
第四节 极大似然法	151
一、似然函数	152
二、极大似然估计	152
三、关于三种估计方法的讨论	155
习 题	155

第九章 直线回归和相关

第一节 回归和相关的概念	157
第二节 直线回归	159
一、直线回归方程	159
二、直线回归的假设测验和区间估计	163

三、直线回归的矩阵求解	169
第三节 直线相关	172
一、相关系数和决定系数	172
二、相关系数的假设测验	175
第四节 直线回归与相关的内在关系和应用要点	178
一、直线回归与相关的内在关系	178
二、直线回归和相关的要点	179
*第五节 协方差分析	180
一、协方差分析的意义和功用	180
二、单向分组资料的协方差分析	181
三、两向分组资料的协方差分析	187
习 题	190

第十章 多元回归和相关

第一节 多元回归	193
一、多元回归方程	193
二、多元回归的假设测验	196
三、最优多元线性回归方程的统计选择	199
四、自变数的相对重要性	202
第二节 多元相关和偏相关	203
一、多元相关	203
二、偏相关	205
三、偏相关和简单相关的关系	207
习 题	208

第十一章 曲线回归

第一节 曲线的类型与特点	210
一、指数函数曲线	210
二、对数函数曲线	211
三、幂函数曲线	211
四、双曲函数曲线	211
五、S 型曲线	211
第二节 曲线方程的配置	212
一、曲线回归分析的一般程序	212
二、指数曲线方程 $\hat{y} = ae^{bx}$ 的配置	213
三、幂函数曲线方程 $\hat{y} = ax^b$ 的配置	215
四、Logistic 曲线方程的配置	217