

EXPERIMENTAL STATISTICS
AND THE APPLICATION OF SPSS

普通高等教育“十二五”规划教材

试验统计方法 及SPSS应用

龚学臣◎主编

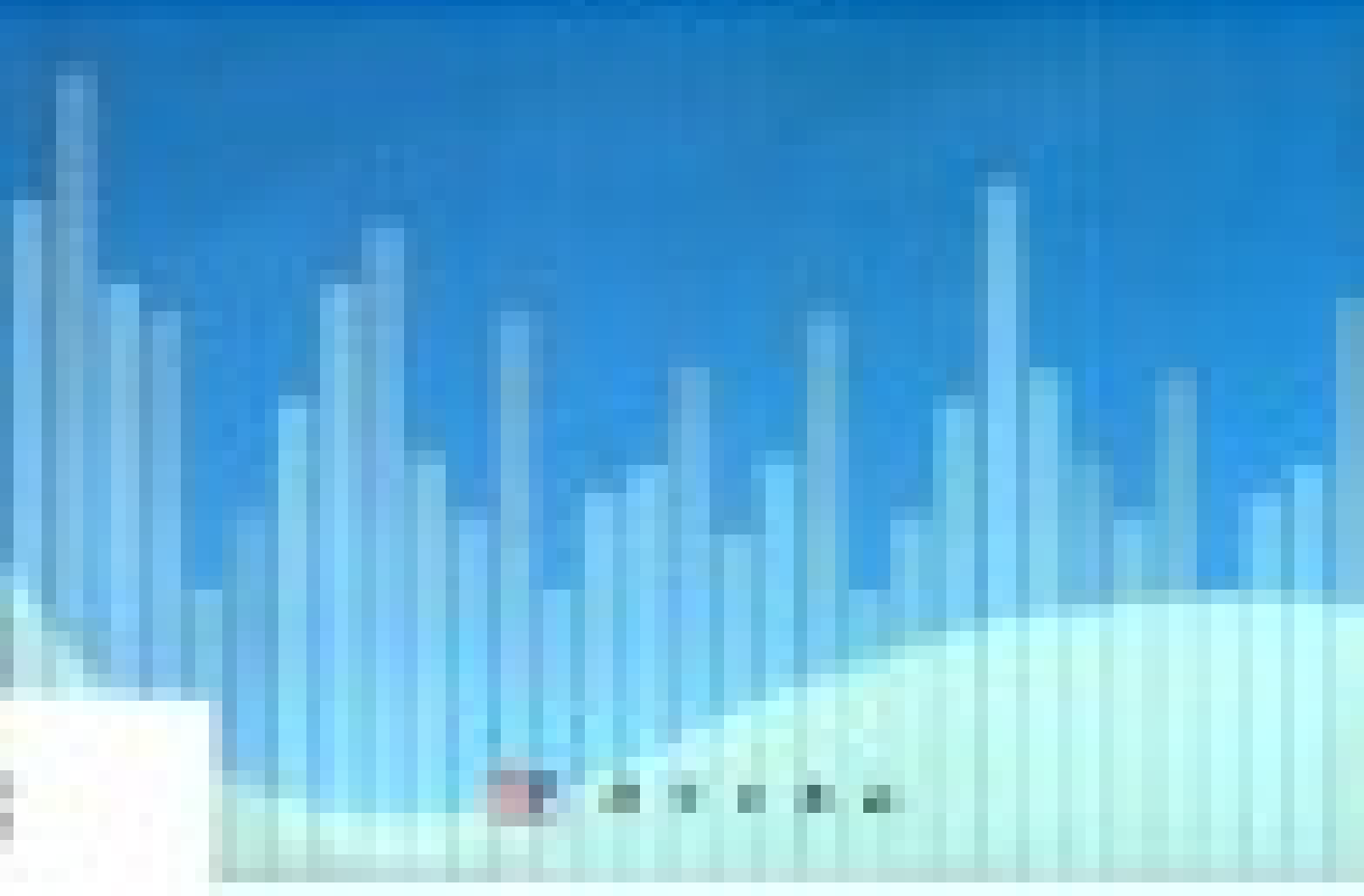


科学出版社

第1章 绪论 1

试验统计方法 及SPSS应用

王 颖 编



普通高等教育“十二五”规划教材

试验统计方法及 SPSS 应用

龚学臣 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是为植物生产类专业学生“试验统计”课程编写的教材。书中共15章,分为4部分。第一部分为试验设计,着重讲述田间试验的特点和要求、误差来源及其控制;田间试验中的常用术语、种类及制订试验方案的基本要求;田间试验设计的原则、小区技术和常用的田间试验设计方法及实施。第二部分为统计分析基础,包括试验资料的整理与特征数的计算、理论分布与抽样分布、统计假设测验的基本方法、平均数的 u 测验和 t 测验、方差分析的基本原理和多重比较。第三部分为常用试验设计的统计分析,包括单因素和多因素试验结果的方差分析、一年多点试验的统计分析、协方差分析、卡平方(χ^2)测验、简单相关与回归分析、多元相关与回归分析、曲线回归分析与多项式回归分析。第四部分为SPSS统计软件基础与应用,介绍SPSS统计软件的基本概念与基本操作等基础知识,SPSS统计软件在常用统计方法中的数据输入、统计计算的操作步骤、结果的输出与解读。

本书可作为植物生产类专业本科生、专科生的教材,研究生和研究人员的参考书,也可供相关专业的教师、学生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

试验统计方法及 SPSS 应用/龚学臣主编. —北京:科学出版社,2014
普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-041763-3

I. ①试… II. ①龚… III. ①田间试验-统计方法 IV. ①S3-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 194177 号

责任编辑:丛 楠 贺窑青/责任校对:蒋 萍

责任印制:霍 兵/封面设计:铭轩堂

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京华正印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年11月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014年11月第一次印刷 印张:18 3/4

字数:444 000

定价:43.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

编写委员会

主 编：龚学臣

副主编：吕彦彬 孙全德

参 编：（以姓氏笔画为序）

王新民 卢海博 金亚征 孟艳玲 戴希尧

前 言

恩格斯说过：“科学是实验的科学，科学就是用理性的方法去整理感性材料。归纳、分析、比较、观察和实验，是理性方法的主要条件。”有计划、有目的地进行农业科学试验和调查，并运用数理统计的原理和方法，对所得到的大量数据资料进行整理、分析并解释其数量上的关系，从而作出符合农业科学实际的推论，是农业科学研究最基本的手段。随着农业科学的不断发展与提高，人们对农业科学领域中各种量的研究越来越深入，作为当代农业院校的学生，必须学习和掌握农业试验设计与统计分析方法，才能更好地为农业科学研究和管理服务。为此，我国高等农业院校都开设有“田间试验与统计分析”课程，它是作物生产类、园林类本科专业学生的一门专业基础课。

本书是作者在多年从事农业科学研究与试验统计教学的经验和体会的基础上，经过充实和取舍而完成的。本书的内容是以符合本科教育的目标为前提，以培养学生解决实际问题的能力为目的，兼顾知识的系统性，突出分析方法的实用性而编写的。本书从田间试验设计、统计分析的基本原理出发，以基本原理、实例分析和 SPSS 操作及结果的解读为主，淡化公式的讲解，让学生了解田间试验设计与统计分析的基本知识和基本原理，掌握试验数据处理的基本方法与程序，最终使学生具备正确地进行试验设计并对试验结果作合理有效的统计处理的基本技能，满足学生在日后的实际工作中和一般的科学研究中对统计学的需要，同时也为进一步深入学习统计学的理论和方法打下基础。

本书在正确阐述重要的统计学原理的同时，重点对基本概念、基本方法进行介绍，特别注意对学生动手能力的培养和统计分析与计算机科学的结合。随着计算机的普及，应用计算机进行统计分析的时代已经过去，取而代之的是计算机统计软件的应用。为了适应这一发展，我们编写了本书，以 SPSS 统计软件应用的内容取代了大量的、复杂的用于统计分析的公式与计算过程。对于非统计学专业学生来说，本书实用性更强，更易于学习和掌握。

本书内容由 4 部分组成。第一部分试验设计，着重讲述田间试验的特点和要求、误差来源及其控制；田间试验中的常用术语、种类及制订试验方案的基本要求；田间试验设计的原则、小区技术和常用的田间试验设计方法及实施。第二部分统计分析基础，包括试验资料的整理与特征数的计算、理论分布与抽样分布、统计假设测验的基本方法、平均数的 u 测验和 t 测验、方差分析的基本原理和多重比较。第三部分常用试验设计的统计分析，包括单因素和多因素试验结果的方差分析、一年多点试验的统计分析、协方差分析、卡平方 (χ^2) 测验、简单相关与回归分析、多元相关与回归分析、曲线回归分析。第四部分 SPSS 统计软件基础与应用，包括 SPSS 统计软件的基本概念与基本操作等基础知识、SPSS 在常用统计方法中的应用。

本书可作为植物生产类专业本科生、专科生的教材，研究生和研究人员的参考书，也可供相关专业的教师、学生参考使用。

由于作者知识面和水平的限制、资料占有的局限，本书参考了许多他人的研究结果和数据，在此表示感谢。另外，本书在形成过程中，尹楠、王丽荣、龚艳勃、张敬佛等同学做了大量的整理工作，在此一并感谢。本书如有不妥之处，敬请同行专家和读者批评指正。

编 者

2014 年 10 月

目 录

前言

第一部分 试验设计

第一章 田间试验概述.....	3
第一节 田间试验的特点和要求.....	3
一、田间试验的特点	3
二、田间试验的基本要求	3
第二节 田间试验的误差及其控制.....	4
一、试验数据的误差	4
二、田间试验的误差来源及其控制	5
三、试验地的土壤差异与选择	6
第三节 试验方案.....	7
一、田间试验中的常用术语	7
二、田间试验的种类	10
三、制订试验方案的基本要求	11
四、制订试验方案的基本方法	12
复习思考题	13
第二章 田间试验设计	15
第一节 田间试验设计的原则	15
一、设置重复	15
二、随机排列	15
三、局部控制	16
第二节 田间试验的小区技术	18
一、试验小区的面积	18
二、小区的形状	19
三、重复次数	19
四、对照区的设置	19
五、保护行的设置	20
六、重复区(区组)和小区的排列	20
第三节 常用的田间试验设计	20
一、顺序排列的试验设计.....	20
二、随机排列的试验设计.....	22
复习思考题	29

第三章 田间试验的实施	31
第一节 田间试验的布置与管理	31
一、田间试验计划的制订	31
二、种子准备	33
三、试验地的准备与田间区划	33
四、播种或移栽	34
五、栽培管理	34
六、收获及脱粒	35
七、考种	36
八、试验结果的整理、分析与总结	36
第二节 田间试验的观察记载和测定	36
一、田间试验的观察记载	36
二、田间试验的抽样	37
复习思考题	38

第二部分 统计分析基础

第四章 试验资料的整理与特征数	41
第一节 统计方法的常用术语	41
一、总体与样本	41
二、观察值与变量	41
三、参数与统计数	42
第二节 试验资料的整理	42
一、试验资料的搜集	42
二、试验资料的类型	42
三、试验资料的整理	44
第三节 试验资料的特征数	49
一、平均数的意义和种类	49
二、变异数的意义和种类	51
复习思考题	54
第五章 理论分布与抽样分布	56
第一节 事件和概率	56
一、事件	56
二、概率	57
三、概率分布	58
第二节 二项分布	59
一、二项总体及二项式分布	59
二、二项式分布的概率计算方法	60
三、二项式分布的参数和形状	62

第三节 正态分布	63
一、正态分布的概率函数	63
二、正态分布曲线的特性	64
三、标准正态分布	65
四、正态分布概率的计算	65
第四节 抽样分布	67
一、正态总体的抽样分布	67
二、二项总体的抽样分布	70
复习思考题	71
第六章 统计假设测验	72
第一节 统计假设测验的基本原理与方法	72
一、统计假设测验的概念	72
二、统计假设测验的基本方法	72
三、两尾测验和一尾测验	74
四、假设测验的两类错误	75
第二节 样本平均数的假设测验	75
一、 t 分布	75
二、单个样本平均数的假设测验	76
三、两个样本平均数的假设测验	78
第三节 样本百分数的假设测验	83
一、单个样本百分数的假设测验	83
二、两个样本百分数的假设测验	84
三、百分数假设测验的连续性矫正	85
第四节 参数的区间估计	86
一、总体平均数的置信区间	86
二、两个总体平均数差数的置信区间	87
三、成对数据总体差数的置信区间	89
四、百分数的置信区间	89
复习思考题	91
第七章 方差分析	92
第一节 方差分析的基本原理	92
一、自由度与平方和的分解	92
二、 F 分布与 F 测验	95
第二节 多重比较	96
一、最小显著差数法	96
二、最小显著极差法	97
三、多重比较结果的表示方法	100
第三节 方差分析的数学模型与期望均方	102
一、固定模型	102

二、随机模型	102
三、混合模型	103
第四节 方差分析的基本假定和数据转换	103
一、方差分析的基本假定	103
二、数据转换	104
复习思考题	107

第三部分 常用试验设计的统计分析

第八章 单因素试验结果的统计分析	111
第一节 顺序排列试验结果的统计分析	111
一、对比法试验结果的统计分析	111
二、间比法试验结果的统计分析	112
第二节 单因素完全随机试验结果的方差分析	114
一、重复次数相等的方差分析	114
二、重复次数不等的方差分析	114
第三节 单因素随机区组试验结果的统计分析	117
一、单因素随机区组试验结果的方差分析	118
二、随机区组的缺区估计与结果分析	121
复习思考题	123
第九章 多因素试验结果的统计分析	125
第一节 二因素完全随机试验结果的方差分析	125
一、二因素无重复设置试验资料的方差分析	125
二、二因素有重复设置试验资料的方差分析	126
第二节 二因素随机区组试验结果的统计分析	132
一、二因素随机区组试验结果的方差分析	132
二、二因素随机区组试验的线性模型和期望均方	138
第三节 裂区试验结果的统计分析	139
第四节 一年多点试验结果的综合分析	145
复习思考题	148
第十章 χ^2 测验	150
第一节 χ^2 的定义和分布	150
第二节 适合性测验	151
第三节 独立性测验	153
一、 2×2 表的独立性测验	154
二、 $r \times c$ 表的独立性测验	155
复习思考题	156
第十一章 直线回归与相关	157
第一节 回归和相关的概念	157

一、函数关系与统计关系	157
二、自变量与依变量	157
三、回归分析和相关分析	158
四、散点图	158
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	162
三、直线回归方程的图示	164
四、直线回归方程的预测	164
第三节 直线相关	165
一、相关系数和决定系数	165
二、相关系数的假设测验	167
三、应用线性回归和线性相关的注意事项	168
复习思考题	168
第十二章 多元线性回归与相关	170
第一节 多元线性回归	170
一、多元线性回归方程	170
二、多元线性回归的显著性测验	172
三、最优多元线性回归方程的选择	174
四、自变量的相对重要性	176
第二节 复相关与偏相关	176
一、多元相关分析	176
二、偏相关分析	177
三、偏相关和简单相关的关系	178
复习思考题	179
第十三章 曲线回归	180
第一节 曲线的类型与特点	180
一、指数函数曲线	180
二、对数函数曲线	180
三、幂函数曲线	181
四、双曲函数曲线	181
五、S 型曲线	181
第二节 曲线方程的配置	182
一、指数曲线方程 $\hat{y} = ae^{bx}$ 的配置	182
二、Logistic 曲线方程的配置	183
第三节 多项式回归	184
一、多项式回归方程	184
二、多项式回归方程的计算	184
三、多项式回归方程的显著性测验	185

复习思考题.....	186
第十四章 协方差分析	187
第一节 协方差分析的意义与作用.....	187
一、协方差分析的意义	187
二、协方差分析的作用	187
第二节 单因素完全随机设计试验资料的协方差分析.....	188
一、计算变量 x 和 y 各变异来源的平方和、乘积和与自由度	190
二、对 x 和 y 变量作方差分析	191
三、对 y 和 x 作线性回归测验	191
四、测验矫正平均数间的差异显著性	191
五、矫正平均数的多重比较	192
第三节 单因素随机区组设计试验资料的协方差分析.....	194
一、计算变量 x 和 y 各变异来源的平方和、乘积和与自由度	195
二、对 x 和 y 变量作方差分析	196
三、对 y 和 x 作线性回归测验	196
四、测验矫正平均数间的差异显著性	196
五、矫正平均数的多重比较	197
复习思考题.....	197

第四部分 SPSS 统计软件基础与应用

第十五章 SPSS 统计软件基础与应用	201
第一节 基本概念与基本操作.....	201
一、概述	201
二、基本概念与基本操作	204
第二节 试验资料的整理与分析.....	206
一、计数资料的整理	206
二、计量资料的整理	212
第三节 均数比较分析.....	215
一、单个样本平均数的比较	215
二、成组数据平均数的比较	216
三、成对数据平均数的比较	217
第四节 方差分析.....	219
一、单因素完全随机设计资料的方差分析	219
二、单因素随机区组设计资料的方差分析	224
三、有重复设置的二因素完全随机设计资料的方差分析	226
四、二因素随机区组设计资料的方差分析	229
五、随机区组设计缺区资料的方差分析	231
六、裂区试验设计资料的方差分析	233

七、一年多点试验结果的综合分析	235
八、其他试验设计资料的方差分析	236
九、数据转换	237
第五节 次数资料的卡平方(χ^2)测验	238
一、适合性测验	238
二、独立性测验	240
第六节 回归与相关资料的统计分析	242
一、相关分析	242
二、回归分析	246
第七节 协方差分析	255
一、完全随机设计资料的协方差分析	255
二、随机区组设计资料的协方差分析	258
参考文献	260
附表	262
汉英名词对照表	281

第一部分 试验设计

第一章 田间试验概述

农业科学研究是指通过试验以寻求提高农作物产量和品质、增加效益的原理、方法和技术，目的是为农业生产提供理论和技术支持。在农业科学研究中，有田间试验、温室试验、盆栽试验、组织培养试验等，其中田间试验是农业科学研究的主要形式，田间试验是联系农业科学与农业生产的桥梁，任何一项农业新技术或新品种在农业生产中的推广都必须在田间条件下进行试验。

第一节 田间试验的特点和要求

一、田间试验的特点

田间试验(field experiment)是指在大田条件下，以作物生长发育的各种性状、产量和品质等作为指标，研究作物与环境之间关系的农业科学试验方法。田间试验的结果受自然环境条件和栽培条件的影响。田间试验作为农业科学研究的一种形式，有其自身的特点。

(1) 田间试验的结果比较符合生产实际。植物的田间试验一般是在具有代表性的农田土壤上和自然气候环境条件下进行的，试验的条件符合生产实际，由此得到的新品种、新技术易于推广应用。

(2) 田间试验的结果误差大。田间试验是在开放的自然条件下进行的，受自然环境因素(光照、温度、湿度等)、病虫害等生物因素的影响，特别是受客观存在的土壤差异的影响，使田间试验的结果误差大、重复再现性差。

(3) 田间试验具有严格的区域性和季节性。农业生产最大的特点就是区域性和季节性，田间试验也不例外。在某地通过田间试验所获得的任何一个新品种、一项栽培技术，最适宜的推广范围就是同类区域，如果在不同地区应用，都会因时间、地点和条件的不同而表现出不同的效果。因此，任何一个优良品种、一项新的栽培技术都必须在待推广地区进行田间试验，才能进行推广。

(4) 田间试验周期长。农作物完成一个世代所需的时间较长，一般要跨越2~3个季节，因此，田间试验在一年内不能进行多次试验，多数情况下只能进行一次。再加上同一试验需要有多年的试验结果支持，更增加了田间试验的周期。

二、田间试验的基本要求

为了保证田间试验结果能在农业生产和科学研究中得到应用，田间试验应达到以下几项基本要求。

(1) 试验目的要明确。田间试验要根据目前农业科学研究理论上或生产实际中存在的问题来选题，制订合理的试验方案，对试验的预期结果及其在农业生产和科学试验中的作用要做到心中有数。

(2) 试验条件要有代表性。试验条件应能代表将来准备推广试验结果地区的自然条件