



普通高等教育“十一五”国家级规划教材




21世纪农业部高职高专规划教材

# 试验统计方法

第二版

王宝山 主编

 中国农业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
21世纪农业部高职高专规划教材

# 试验统计方法

第二版

王宝山 主编

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

试验统计方法/王宝山主编. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2008. 8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 21 世纪农业  
业部高职高专规划教材

ISBN 978-7-109-12811-8

I. 试… II. 王… III. 田间试验-统计分析-高等学校:  
技术学校-教材 IV. S3-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 105474 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 100125)

责任编辑 李国忠 刘 梁

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2002 年 6 月第 1 版 2008 年 8 月第 2 版

2008 年 8 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 14.5

字数: 246 千字

定价: 21.00 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》(《田间试验与统计方法》第二版)被列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材、21世纪农业部高职高专规划教材。本教材介绍了试验的相关概念、设计原理、常用的设计方法与实施步骤;介绍了试验资料的整理、基本特征、理论分布、抽样分布以及统计推断的基本方法—— $t$  测验、 $u$  测验、 $F$  测验、 $\chi^2$  测验;介绍了单因素与多因素试验结果的方差分析及双变数的直线回归与相关分析方法的应用。每章后都有复习思考题,并根据需要还安排了实验实训内容,作为加强学生实践技能的训练。

本教材讲述深入浅出,便于理解,注重统计方法的应用,是高职高专院校农学、果林、蔬菜、园艺、草业、植物保护、生物技术、花卉、食药用菌、药用植物栽培加工等各专业教材,也可作为有关专业的教师、学生和研究人员参考用书。

## 第二版编写人员

**主 编** 王宝山（保定职业技术学院）

**副主编** 刘丙炎（沧州职业技术学院）

李菊艳（黑龙江农业职业技术学院）

简 峰（广西农业职业技术学院）

**参 编**（按姓氏笔画为序）

刘 弘（重庆三峡职业学院）

刘小宁（杨凌职业技术学院）

汪洪祥（河北旅游职业学院）

张云飞（山西农业大学原平农学院）

**审 稿** 魏利民（保定职业技术学院）

马运涛（苏州农业职业技术学院）

## 第二版前言

《田间试验和统计方法》教材自2002年在全国各高职高专院校植物生产类专业试用以来，已历时6年，在使用过程中，广大师生提出了不少宝贵意见，我们也积累了不少教学经验。同时，本教材被列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，21世纪农业部高职高专规划教材。随着高职高专教育的不断发展，作为专业基础课的“田间试验和统计方法”，又有了新的要求。为了进一步完善教材，中国农业出版社组织成立了《田间试验和统计方法》教材第二版编写小组。根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》、《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》和《关于加强高职高专教材建设的若干意见》精神，编写小组进行了认真的讨论。本着高职高专院校培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高技能人才的定位，教材内容以必需、够用为度，以强化技能为重点，对原教材进行了全面修订。第二版教材无论是结构还是内容都进行了调整。结构上打破了原来的篇章结构，由原来的四篇十二章改为十章，将第1、2、3章调整为两章，第7、9章合为一章，第四篇的实验实训按实践教学体系教材的需要，以实训项目的形式安排到最后，并且每章后面都有复习思考题；内容上删减了方差分析的部分理论内容和裂区设计及结果分析方法，增加了正交试验设计及结果分析、计算机在统计中应用等内容。

本教材的名称是在接受《田间试验和统计方法》第二版编写任务后，编写人员经过讨论才决定采用原名的简称——《试验统计方法》，其原因是简化后便于称呼，更适合不同专业的需要。

本教材修订后共分十章。编写人员及分工：张云飞编写第一章；简峰编写第二、十章，第六章的第四、五节，实训一、二；刘小宁编写第三章，实训三；刘弘编写第四、七章，实训六；李菊艳编写第五章，实训四；刘丙炎编写第六章的第一、二、三节，实训五；王宝山编写第八章，实训七；汪洪祥编写第九章。全书由王宝山统稿，魏利民、马运涛审稿。

编写过程中得到了相关职业技术学院的大力支持，参考了许多单位及个人的有关文献资料，在此一并表示由衷的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，如有错误和不妥之处，诚望各位专家学者、同仁好友批评指正，恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者

2008年3月

# 第一版编写人员

主 编 王宝山

副主编 宋志伟 汪洪祥

参 编 刘丙炎 刘 弘 崔秀珍

审 稿 陈忠辉 马运涛



# 第一版前言

“田间试验和统计方法”是植物生产类专业的专业基础课，是根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》和《关于加强高职高专教材建设的若干意见》精神编写的，是21世纪农业部高职高专规划教材。

在编写过程中，参编同志经过认真讨论，认为应根据高职高专的学生层次把握教材的深、广度，应以“应用、适用、够用”为原则，介绍田间实验和统计的基本知识和技能，以利于进行科学试验；介绍统计分析方法为科学研究提供研究手段；介绍着重于深入浅出、循序渐进、清晰易懂的内容，删减数学公式的推导过程；应用大量的农学、植保、果林、蔬菜等科研范例，以具体化代替抽象化。

本教材共分四篇，包括12章及实验实训指导。编写人员及分工：宋志伟编写第1、2、3章，实验实训一、二、七；汪洪祥编写第4、12章，实验实训三；刘弘编写第5、10章，实验实训五；崔秀珍编写第6章；刘丙炎编写第7、8章；王宝山编写第9、11章、实验实训四、六。全书由王宝山统稿，陈忠辉、马运涛审稿。

编写过程中得到了有关职业技术学院的大力支持，参考了许多单位及个人有关文献资料，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，错误和不妥之处希望广大读者在使用过程中提出批评指正，以便进一步修改订正。

编者

2001年10月

# 目 录

第二版前言

第一版前言

第一章 试验设计 .....	1
第一节 概述 .....	1
一、试验的任务与要求 .....	1
二、因素、水平和处理的概念 .....	2
三、试验的种类 .....	4
四、试验误差及控制 .....	5
第二节 试验设计 .....	8
一、试验设计的基本原则 .....	8
二、试验单元设计 .....	10
三、常用的试验设计方法 .....	14
复习思考题 .....	17
第二章 试验的实施 .....	18
第一节 试验方案的制订 .....	18
一、试验方案的制订原则 .....	18
二、试验方案设计的基本要点 .....	19
三、试验方案设计 .....	21
第二节 试验计划的拟订 .....	25
一、试验计划书的内容 .....	25
二、试验计划书的编制 .....	27
第三节 试验的实施 .....	30
一、试验的准备 .....	30
二、试验的管理 .....	32
三、试验资料的收集 .....	32
四、试验的总结 .....	35
复习思考题 .....	43

<b>第三章 试验资料的整理与特征数</b> .....	44
<b>第一节 常用的统计术语</b> .....	44
一、总体与样本 .....	44
二、资料、观察值、变数 .....	45
三、参数与统计数 .....	45
<b>第二节 资料的整理</b> .....	45
一、试验资料的类别 .....	45
二、资料的整理 .....	46
<b>第三节 平均数</b> .....	52
一、平均数种类 .....	52
二、算术平均数计算方法 .....	53
三、算术平均数的性质 .....	54
四、总体平均数 .....	54
<b>第四节 变异数</b> .....	55
一、极差 .....	55
二、方差 .....	56
三、标准差 .....	56
四、变异系数 .....	59
<b>复习思考题</b> .....	60
<b>第四章 理论分布</b> .....	61
<b>第一节 统计概率</b> .....	61
一、概率的基本概念 .....	61
二、小概率事件实际不可能性原理 .....	63
<b>第二节 二项分布</b> .....	64
一、二项分布的概念 .....	64
二、二项分布的概率计算 .....	64
三、二项分布的形状与参数 .....	65
<b>第三节 正态分布</b> .....	66
一、正态分布方程及特性 .....	66
二、正态分布的标准化 .....	68
三、正态分布的概率计算 .....	69
<b>第四节 抽样分布</b> .....	70

一、样本平均数的抽样分布 .....	71
二、样本平均数差数分布 .....	72
三、二项总体的抽样分布 .....	73
复习思考题 .....	74
<b>第五章 统计推断 .....</b>	<b>76</b>
<b>第一节 统计推断原理 .....</b>	<b>76</b>
一、统计推断的基本概念 .....	76
二、统计推断的基本方法 .....	76
三、 $u$ 测验与 $t$ 测验 .....	78
四、两尾测验和一尾测验 .....	79
<b>第二节 平均数的假设测验和区间估计 .....</b>	<b>80</b>
一、单个平均数的假设测验和区间估计 .....	80
二、两个样本平均数的假设测验与区间估计 .....	84
<b>第三节 百分数的假设测验与区间估计 .....</b>	<b>90</b>
一、单个样本百分数的假设 .....	90
二、区间估计 .....	92
复习思考题 .....	93
<b>第六章 方差分析 .....</b>	<b>95</b>
<b>第一节 方差分析的基本原理 .....</b>	<b>95</b>
一、平方和与自由度的分解 .....	95
二、 $F$ 分布与 $F$ 测验 .....	98
三、多重比较 .....	100
<b>第二节 完全随机设计试验结果资料的方差分析 .....</b>	<b>104</b>
一、处理内观测值数目相等资料的方差分析 .....	104
二、处理内观测值数目不相等资料的方差分析 .....	106
三、系统分组资料的方差分析 .....	109
<b>第三节 随机区组设计试验结果资料的分析 .....</b>	<b>114</b>
一、单因素随机区组设计试验结果分析 .....	114
二、多因素随机区组设计试验结果分析 .....	117
<b>第四节 正交设计试验结果资料的统计分析 .....</b>	<b>123</b>
一、直观分析法 .....	124
二、方差分析法 .....	126

第五节 试验结果的数据转换与方差分析 .....	128
复习思考题 .....	129
<b>第七章 顺序排列设计试验结果的统计分析 .....</b>	<b>132</b>
第一节 对比法设计试验结果的统计分析 .....	132
第二节 间比法设计试验结果的统计分析 .....	134
复习思考题 .....	135
<b>第八章 直线回归和相关 .....</b>	<b>136</b>
第一节 回归与相关的概念 .....	136
一、回归与相关的概念 .....	136
二、回归分析与相关分析 .....	137
第二节 直线相关 .....	138
一、决定系数与相关系数 .....	138
二、相关系数计算 .....	141
三、相关关系的显著性测验 .....	143
第三节 直线回归 .....	144
一、直线回归方程 .....	144
二、直线回归关系的显著性测验 .....	147
三、回归方程的图示 .....	149
复习思考题 .....	150
<b>第九章 卡平方 (<math>\chi^2</math>) 测验 .....</b>	<b>151</b>
第一节 卡平方 ( $\chi^2$ ) 的概念和测验原理 .....	151
一、卡平方 ( $\chi^2$ ) 的概念 .....	151
二、卡平方 ( $\chi^2$ ) 分布 .....	151
三、卡平方 ( $\chi^2$ ) 测验原理 .....	152
四、卡平方 ( $\chi^2$ ) 的连续性矫正 .....	153
第二节 适合性测验 .....	153
一、两组试验资料的适合性测验 .....	153
二、多组试验资料的适合性测验 .....	154
第三节 独立性测验 .....	155
一、 $2 \times 2$ 表的独立性测验 .....	155

二、 $2 \times c$ 表的独立性测验	157
三、 $r \times c$ 表的独立性测验	158
复习思考题	159
<b>第十章 Excel 在试验统计分析中的应用</b>	160
<b>第一节 资料整理与基本特征数的计算</b>	160
一、建立 Excel 工作簿	161
二、数据分析工具	162
三、资料的分组整理	163
四、基本特征数的计算	166
<b>第二节 利用 Excel 进行统计推断计算</b>	168
一、单个平均数的假设测验和区间估计	168
二、成组数据的假设测验和区间估计	170
三、成对数据的假设测验和区间估计	172
<b>第三节 利用 Excel 进行方差分析计算</b>	174
一、“方差分析：单因素方差分析”工具的利用	174
二、“方差分析：无重复双因素分析”工具的利用	176
三、“方差分析：可重复双因素分析”工具的利用	177
<b>第四节 利用 Excel 进行其他统计分析计算</b>	177
一、Excel 在顺序排列设计试验结果分析中的应用	177
二、利用 Excel 进行相关与回归分析	180
三、Excel 在卡平方 ( $\chi^2$ ) 测验中的应用	183
复习思考题	185
<b>实训项目</b>	186
实训一 试验计划书的拟订	186
实训二 田间试验的设计与区划	186
实训三 试验资料的整理	188
实训四 平均数的假设测验	188
实训五 随机区组设计试验结果的统计分析	190
实训六 顺序排列试验结果统计方法	191
实训七 直线回归与相关资料的结果分析	192

附表	194
附表 1 随机数字表	194
附表 2 累积正态分布 $F_N(x)$ 值表	195
附表 3 正态离差 $u_\alpha$ 值表 (两尾)	197
附表 4 学生氏 $t$ 值表 (两尾)	197
附表 5 5% (上) 和 1% (下) 点 $F$ 值表 (一尾)	199
附表 6 $SSR$ 值表 (两尾)	205
附表 7 $r$ 值表	206
附表 8 $\chi^2$ 值表 (右尾)	207
附表 9 常用正交表 (部分)	208
主要参考文献	212

# 第一章 试验设计

**【本章提要】** 本章主要讲解试验的任务、要求和种类；试验误差的来源和控制途径；试验设计的基本原则；试验单元的设计；顺序排列试验设计——对比法试验设计、间比法试验设计；随机排列试验设计——完全随机设计、随机区组设计。

## 第一节 概 述

在农业上，一个新品种、一项新技术、一种新产品的推广应用，都必须用一种科学的方法验证其优劣或鉴定其实用价值，这种科学的方法就是农业科学试验。农业科学试验的方法很多，如田间试验、室内试验等。

### 一、试验的任务与要求

#### (一) 试验的任务

一个新品种是否适应本地区，是否比原有品种更高产稳产；一个新产品（如新型肥料、新农药等）其增产效果、改善品质效果是否明显；一项新的农业技术措施是否比原有的措施增产有效等，都必须进行验证。只有试验才能为科研成果的评判和这些问题的解答提供可靠的科学依据。

试验的基本任务就是在不同的环境条件下研究新品种、新产品、新技术的增产效果，客观地评定具有各种优良特性的高产品种及其适应区域，评定新产品的增产效果及对环境的反应，正确的评判最有效的增产技术措施及其适用范围，使农业科研成果合理地应用和推广，发挥其在农业生产上的重要作用，并为各级农业部门及农户提供科学决策和技术咨询，促进农业科研成果尽快转化为生产力。因此，试验是农业科研成果与农业生产的桥梁。

#### (二) 试验的要求

为了保证试验的质量，使所获得的结果能够在理论研究和生产实践中加以应用，试验应符合以下基本要求。



**1. 试验目的要明确** 试验是为了解决生产和科学实验中的问题,在进行某项试验时,要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,这样才能有目的地解决问题,避免盲目性,提高试验效果。

**2. 试验条件要有代表性** 代表性是指试验条件应能代表将来准备推广试验结果的地区的自然条件(如试验地土壤种类、地势、土壤肥力、气候条件等)与生产条件(如轮作制度、农业结构、施肥水平等),这样新品种、新产品、新技术在试验中的表现才能真正反映今后拟推广地区实际生产中的表现,有利于试验结果的推广应用。另外,在进行试验时,既要考虑代表目前的条件,还要注意到将来可能被广泛采用的条件,使试验结果既符合当前需要,又不落后于生产发展的要求。

**3. 试验结果要有可靠性** 试验结果的可靠性包括准确度及精确度两个方面。准确度是指试验结果与真值相一致的程度,是不容易确定的,所以在实际中常用精确度来判断其结果的可靠性。精确度是指同一处理的试验指标,在不同重复观察中所得数值彼此接近的程度。它是可以计算的,由试验误差的大小决定。因此,为降低试验误差,必须严密地设计试验,严格地执行试验,合理地运用统计方法。

**4. 试验结果要有重演性** 重演性是指在相似的条件下再次试验会得到相类似的试验结果。也就是说,一项试验结果在推广前,必须重复几年的试验,如果获得类似的结果,说明试验结果才有推广应用价值。要保证试验结果能够重演,首先要仔细明确地设定试验条件,使其具有代表性;其次可将试验在各种试验条件下进行或重复做2~3年试验,以验证其结果是否重演。

## 二、因素、水平和处理的概念

**1. 试验指标** 试验指标是指度量试验结果的标志,简称指标。生产试验中,常用作物的各种性状作指标,如产量及其构成因子等。不同的试验,考察的指标不一样。通常一个试验,评价各处理效果时,往往不能只用一个指标,而应用多个指标。如玉米品种比较试验,在选择优良品种时,不仅需要看产量、单穗重等指标,还须注重品种质量,如蛋白质、淀粉等的含量。只有在多个指标上来比较各品种的优劣,才可能选出高产优质的品种。

**2. 试验因素** 试验中,凡对试验指标可能产生影响的原因或要素,都为因素。如作物生产中受到品种、种植密度、肥水条件、栽培管理措施以及自然环境条件等诸方面的影响,这些方面就是影响作物生产的因素。在这众多因