

内 容 简 介

本教材采用由浅入深、循序渐进的总体思想构建全书内容，突出体现了实践内容与理论知识的有机结合，重在加强对学生的实践技能的训练和培养。主要内容包括绪论、数据资料的整理、数据资料的基本特征数、概率及其分布、两均数差异显著性检验—— t 检验、方差分析、 χ^2 检验、直线回归与相关、协方差分析、畜牧兽医试验设计等10章。可供高等职业技术学院畜牧、兽医和水产专业教学使用。

21

世纪农业部高职高专规划教材

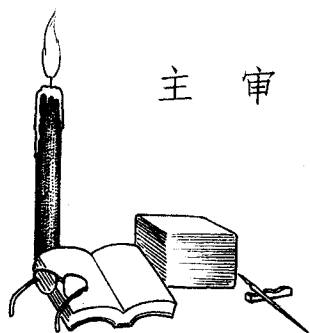
生物统计 附试验设计

宋代军 主编

畜牧兽医类专业用

中国农业出版社

主 编 宋代军
编写者 张申贵 刘永键
张京和 曹墨菊
郑士荣
主 审 明道绪



出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分，近年来高职高专教育有很大的发展，为社会主义现代化建设事业培养了大批急需的各类专门人才。当前，高职高专教育成为社会关注的热点，面临大好的发展机遇。同时，经济、科技和社会发展也对高职高专人才培养提出了许多新的、更高的要求。但是，通过对部分高等农业职业技术学院、中等农业学校高职班教学和教材使用等情况的了解，目前农业高职高专教育教材短缺，已严重影响了当前教学的开展和教育改革工作。针对上述情况，并根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神，中国农业出版社受农业部委托，在广泛调查研究的基础上，组织有关专家在较短的时间内编写了第一批21世纪农业部高职高专规划教材。以后将根据各校有关专业的设置，陆续出版相关专业的教材。

此批教材的编写是按照教育部高职高专教材建设要求，紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才，即培养适应生产、建设、管理、服务第一线需要的，德、智、体、美全面发展的高等技术应用性专门人才。教材定位是：基础课程体现以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点；专业课加强针对性和实用性。相信此批教材的出版将对培养高等技术应用性专门人才，提高劳动





者素质，对建设社会主义精神文明，促进社会进步和经济发展起到重要的作用。

此批教材突出基础理论知识的应用和实践能力的培养，具有针对性和实用性。适用于全国农林各高等职业技术学院、农林大学成教学院、高等农林专科学校、农林中专学校的高职班师生和相关层次的培训及自学。

在此教材出版之际，对参与此批教材策划、主编、参编及审定工作的专家、老师以及支持教材编写的各高等职业技术学院、农业中专学校一并表示感谢！

中国农业出版社

2001年4月

编写说明

本教材主要依据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》及《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》的精神，在中国农业出版社的直接领导下编写的，供全国农业院校高职高专畜牧、兽医、水产专业使用。

编写过程中，根据高职高专“高等技术应用性专门人才”的培养目标的要求，教材内容着重于基础理论知识的应用和实践能力的培养。基本理论的介绍以应用为目的，以“必需”、“够用”为度。采用了由浅入深、循序渐进的总体思想来构建全书的内容，结合相关专业的生产实际和科学研究特点，系统地编排统计学的基本内容，同时也尽可能增加实践性的内容，加强对学生实践技能的训练和培养。

该教材的第1章和第9章由宋代军编写，第2章和第10章由张申贵编写，第3章和第6章由张京和编写，第4、第7章和第8章由刘永键和曹墨菊编写，第5章由郑士荣编写。最后由宋代军统稿。

本教材承蒙四川农业大学明道绪教授主审，对教材初稿提出了宝贵的意见，并作出了认真的修改，谨此致以衷心的感谢！





由于编写时间短促和编写人员业务水平有限，错误和欠妥之处，恳请批评指正。

编者

2001年3月



出版说明
编写说明

第1章 绪论	1
第一节 生物统计与试验设计的含义	1
一、生物统计与试验设计的概念	1
二、学习本课程的目的和意义	2
三、学习方法	2
第二节 《生物统计附试验设计》的主要内容	2
一、资料的整理及其基本分析	3
二、显著性检验	3
三、相关与回归	3
四、试验设计	3
第三节 常用统计术语	4
一、总体与样本	4
二、随机抽样	4
三、参数与统计量	4
四、变数与变异数列	4
五、随机误差与错误	4
六、准确性与精确性	4
▶ 习 题	5
第2章 数据资料的整理	6
第一节 常见数据资料的分类及检查与核对	6
一、数据资料的来源	6

二、数据资料的分类	7
三、数据资料的检查与核对	7
第二节 常见数据资料的整理与分组	8
一、计数资料的整理与分组	8
二、计量资料的整理与分组	9
三、次数分布图	12
►习题	13

第3章 数据资料的基本特征数

第一节 平均数	14
一、平均数的意义	14
二、平均数的计算方法	14
第二节 标准差	18
一、标准差的意义	18
二、标准差的计算方法	18
三、标准差的特性	20
第三节 变异系数	20
一、变异系数的意义	20
二、变异系数的计算方法	21
三、变异系数的特性	21
►习题	21

第4章 概率及其分布

第一节 概率	22
一、概率—频率的稳定	22
二、小概率事件原理	23
第二节 概率分布	23
一、随机变量	23
二、正态分布	24
三、二项分布	27
►习题	28

第5章 两均数差异显著性检验——t检验

第一节 均数差异显著性检验的概述	29
一、均数差异显著性检验的意义	29
二、均数差异显著性检验的原理	30



三、显著性检验的基本步骤	31
四、假设检验中的两种错误	31
五、假设检验时应注意的问题	32
第二节 样本平均数的抽样分布与 t 分布	32
一、样本平均数与总体的关系	33
二、样本平均数分布的两个结果	33
三、 t 分布	33
第三节 常见资料两均数差异的检验方法	34
一、配对资料比较	34
二、非配对资料比较	36
三、百分数资料差异显著性检验	37
第四节 总体平均数的置信区间	38
►习题	39

第6章 方差分析 41

第一节 方差分析的意义和基本原理	41
一、方差分析的意义	41
二、平方和与自由度的剖分	42
三、 F 分布与 F 检验	44
第二节 多重比较	45
一、多重比较的方法及评价	45
二、多重比较结果的表示	50
第三节 单因子方差分析	50
一、处理内观察次数相等的方差分析	50
二、处理内观察次数不等的方差分析	52
第四节 二因子试验的方差分析	54
一、二因子交叉分组试验的方差分析	54
二、二因子系统分组试验的方差分析	61
►习题	67

第7章 χ^2 检验 70

第一节 χ^2 检验的意义与原理	70
一、 χ^2 检验的意义	70
二、 χ^2 检验的原理	71
三、 χ^2 检验的连续性矫正	71
第二节 适合性检验	72
第三节 独立性检验	75

一、 2×2 表的独立性检验	75
二、 $2 \times c$ 表的独立性检验	76
三、 $r \times c$ 表的独立性检验	77
► 习 题	79

第8章 直线回归与相关 80

第一节 回归分析与相关分析概述	80
第二节 直线回归	81
一、直线回归方程的建立	81
二、直线回归的显著性检验	84
第三节 直线相关	87
一、决定系数和相关系数	87
二、相关系数的计算	88
三、相关系数的显著性检验	88
四、应用直线回归与相关的注意事项	89
*第四节 曲线回归	90
一、曲线回归分析概述	90
二、能直线化的曲线类型	91
三、曲线回归分析应用实例	93
► 习 题	96

第9章 协方差分析 97

第一节 协方差分析的意义和作用	97
一、协方差分析的意义	97
二、协方差分析的作用	98
第二节 协方差分析的方法	98
一、资料模式	98
二、协方差分析的方法	99
三、协方差分析的举例	102
► 习 题	106

第10章 畜牧兽医试验设计 107

第一节 畜牧兽医试验设计的意义、任务、要求和类型	107
一、畜牧兽医试验设计的意义	107
二、畜牧兽医试验的任务与要求	108
三、畜牧兽医试验的类型	109





第二节 试验计划和试验方案的拟定	112
一、试验计划	112
二、试验方案	113
第三节 试验设计的原则	115
一、试验误差及来源	115
二、试验设计的原则	115
第四节 常用试验设计的方法	117
一、完全随机设计	117
二、配对设计	120
三、随机单位组设计	122
四、交叉设计	124
五、拉丁方设计	127
六、正交设计	131
► 习 题	137

附 表

附表1a 正态分布表	140
附表1b K_{α} 值表	141
附表2 t 值表(两尾)	141
附表3 χ^2 值表(一尾)	143
附表4 5%及1% F 值表(一尾)	144
附表5a 5% q 值表(两尾)	150
附表5b 1% q 值表(两尾)	150
附表6 SSR表(邓肯氏新复极差值表)	151
附表7 r 及 R 的显著数值表	153
附表8 随机数字表	154
附表9 单因素多组群样本含量表	157
附表10 常用正交表	158
参考文献	162

第1章 绪论

第一节 生物统计与试验设计的含义

一、生物统计与试验设计的概念

1. 生物统计 生物统计学是一门应用学科，是数理统计学在生物科学中的应用，它是用数理统计的原理和方法来分析和解释数量资料和生物界各种现象的科学。随着科学的进步，人类对自然界认识的深入，一些学科仅凭其理论和方法不能解决本学科所涉及到的问题，必须借助相关学科的理论和方法，那么这种学科之间的渗透就形成各种交叉学科，比如医用物理、生物力学、生物化学等。因此，生物学和数学相结合就形成了生物数学。而生物统计学属于生物数学的范畴，是应用数学。

人类在认识了解自然界的进程中，首先是对事件的特征特性的认识，从事物的表面了解它们，最终仅能得到是与否、有与无等方面的结论。例如，我们要了解一种添加剂对牛是否有增重效果，我们可以对动物施加这种添加剂，在一定范围内得出该添加剂有无效果的认识。但我们研究的目的是在实际中应用这种添加剂，那么应施加多大的剂量才能得到良好的效果？要解决这个问题，我们就不能仅仅停留在认识事物的表面上，也就是说，不能仅有一个有关对该添加剂定性的认识，还需要进一步对该试验进行定量的研究，而生物统计学可以使我们的研究从定性深入到定量，它是深入了解事物本质的一种方法与手段。

人们研究问题的思路，总是首先想到特殊，然后从特殊到一般。生物统计学研究问题时也采用了这一哲学原理，常常是通过某事物的一部分，来推断估计该事物全体的特征，目的在于对总体进



行研究，作出合乎逻辑的推论，得到对客观事物本质和规律性的认识。例如，我们要了解某品种奶牛的产奶量，实际中我们只能得到该品种的部分个体的产奶量。因此，我们只有用这部分个体的产奶量来推断该品种的产奶量。生物统计学从某种意义上说，是研究生物学中以部分个体的特征特性推断或描述全部个体的特征特性的一门学科。

2. 试验设计 设计就是进行某项工作前，根据已有的条件，对该项工作的实施及进程所作出的规划（计划），而试验设计是指在试验研究工作进行前应用一些数理统计原理，制定合理的试验方案，正确地安排试验条件，使研究者可以利用较少的人力、物力和时间，而获得全面、可靠的信息，得出科学结论的工作。试验设计是试验成功的先决条件，是试验进行前的一项重要工作，设计应注意合理、周密，一些试验应做到万无一失。

3. 生物统计与试验设计的关系 二者是一个学科不可分割的两个部分，试验设计需要有丰富的生物统计理论知识作基础，而大量的试验数据又为统计方法提供丰富可靠的资料，使它们紧密地结合在一起，从而推导出较为客观的结论。不断地推动生产与科学研究的发展。

二、学习本课程的目的和意义

生物统计与试验设计为试验的进行提供预见性的条件，为试验结果的分析提供可靠的方法，它是生物科学的必修课程。无论你从事哪一生物学专业，无论你进行什么方面的研究，处处都有生物统计原理和方法的应用。生物统计是学习一些专业课程的基础；是将来进行各项生产和科学研究工作的工具。因此，要求同学们必须学好它，掌握各种方法及相应的原理，为今后的学习和工作打下扎实的理论基础。

三、学习方法

《生物统计附试验设计》属于应用性学科，统计学各种原理和方法重在应用。因此，在学习时一定要把理论与实践结合起来。也就是说，在领会各种原理后，要找寻一些试验数据，用这些分析方法来分析问题，这样才能掌握统计学的原理和方法。学习过程中应注意以下问题：第一，要弄清统计的基本公式和基本原理，理解每一公式的含义和应用条件，对公式的由来可不必深究。第二，要注意理论联系实际，多结合专业认真做好习题和作业，加深对统计步骤的记忆和对公式的理解。第三，应注意培养科学的统计思维能力和方法，建立起生物统计的思维方法——从不定性和概率的角度来思考问题和分析科学试验的结果。第四，生物统计只是一种统计工具，并不能代替畜牧、兽医及水产等学科研究本身，应用时必须具体问题具体分析，严格遵循这些学科的相关规律，方能得出可靠的结论。

第二节 《生物统计附试验设计》的主要内容

本门学科是数理统计与试验设计的结合，即统计学与试验设计，本课程偏重于生物统计学，其主要内容为：



一、资料的整理及其基本分析

前面已经提到生物统计的基本特点是分析问题从特殊到一般，从部分到全体。在生产 and 科研工作中，我们常常仅能得到事物的部分，这些部分个体常常是杂乱无章、没有任何规律的，必须进行初步的整理和分析，对事物应先有一个概略性的了解，这样才能深入研究。也就是说，对我们所取得数据资料分别归类、排序与合并，然后就计算出一些反应资料特征的特征量，包括平均数、标准差及变异系数等。

二、显著性检验

显著性检验是本课程的重点，又称假设检验，用以分析试验效果的一种方法。根据数据的类型和资料的特点，可以分为以下几种。

1. **两个均数差异的比较** 对连续性和间断性变量资料，当试验结果仅有两组时，对结果的差异存在与否可以采用 t -检验。比如，我们对试验材料施以两种处理，对两种结果要比较分析时，可以用 t -检验进行分析。

2. **方差分析** 又名变量分析，是对连续性变量多种处理的差异进行分析的方法，当试验结果有多种，多个均数之间进行分析时可以采用这种方法。它的原理是将试验中总变异剖分为由不同变异原因所形成的各种变异，并进行显著性检验与多重比较。

3. **卡方检验——属性的统计分析** 对于间断性资料，比如家畜的头数、毛色等，试验的阴性与阳性结果等类属性性状均可以采用卡方检验。根据资料的类型，又分适合性和独立性两种。

三、相关与回归

事物之间总是相互作用、相互影响的，反映在数量上就是变量之间的关系。分析两个变量之间的相互关系的密切程度，称为相关。变量之间相关程度在相关分析中以相关系数大小来衡量，相关系数 (r 或 R) 越大则说明两个变量间的相关程度愈强，否则表示很弱。比如，牛的胸围和体重之间，家畜的体重与屠宰率之间，药物的剂量与治愈率之间等等，均有一定程度的相关。这种两个变量之间平行的关系的研究就称作相关分析。

回归是两个或两个以上的变量存在着从属关系，即一个变量变化时，引起另一个变量相应的变化。这种两个变量之间的从属关系可以用回归分析进行研究，最后建立有经验的回归方程。在实际中，可以用回归方程对一些难以度量的性状用相关性状进行间接预测。比如，利用牛的胸围和体长来估计其体重，利用子代某性状与亲代某性状间相关，可以用亲代推断子代，达到早期选育的目的等等，均是回归在生产上应用。

四、试验设计

试验设计是一门复杂的学科，根据专业不同可以分成不同的设计学科。本学科中仅介绍试验设计的基本方法，常见的试验设计方法有：①完全随机设计；②配对设计；③随机单位组设计；④交叉分组设计；⑤拉丁方设计；⑥正交设计。

第三节 常用统计术语

一、总体与样本

总体是指研究对象的全体，也就是我们所指事件的全体，又分为无限总体与有限总体。在实际中大部分事物为无限总体，对于无限总体的研究是抽取部分个体作为研究对象，以部分来推断全体，这个部分个体作为统计分析的依据。

在实际中，研究总体时抽出的若干个体组成的单元称为样本。在研究总体的特征特性时，因为总体常常是无穷的，我们无法得到它，通常情况下是以样本的特征特性来推断总体的特征特性，在一定可信程度上对总体作出描述。在研究实际中，根据所取得样本的样本含量大小又分大样本和小样本。当一个样本的样本含量小于等于 30 时，为小样本；30 个以上的，为大样本。

二、随机抽样

总体中每个个体均有相等的机会抽作样本的这种抽样方法，称为随机抽样（又称等概率抽样）。随机抽样可以避免主观和偏见，是一种常用的方法。生活和科研实际中抓阄、抽签就是随机抽样，在我们进行调查和试验动物的选择与分组时，常借助随机数字表进行随机抽样。

三、参数与统计量

从总体中计算所得的用以描述总体特征的数值，称为参数，如总体平均数，总体标准差。这些数据在理论上是存在的，但实际中不易得到。参数用希腊字母 μ 、 σ 等表示。

从样本中计算所得的数值称为统计量。统计量常用拉丁字母如 x 、 y 、 S 等表示，统计量通常用以估计推断参数。

四、变数与变异数列

表示生物某性状的任何一个观察值称为变数。把所有变数按一定规律整理成的一个序列，称为变异数列。

五、随机误差与错误

试验过程中，由于各种无法控制的随机因素所引起统计量与参数之间的偏差，称之为随机误差。另一种情形是由于人为的粗心大意，比如抄写错误、计算错误、不合理的合并等，所引起统计量和参数之间较大的偏差，这种结果称为错误。

六、准确性与精确性

我们生产实际和科学研究中，常常是用样本来推断总体，用统计量描述参数，统计数接近参数真值的程度，称为准确性。具体资料中，各个变数间变异程度大小，称为精确



性。例如打靶，中靶点接近靶心的接近程度称为准确性，这不仅决定所用枪支，同时打靶人也起决定作用，各次中靶点之间的接近程度称为精确性。打靶人的技术愈好，则各次中靶点愈接近。



习 题

1. 何谓生物统计与试验设计？二者有何关系？
2. 生物统计解决问题的手段是什么？
3. 试举例说明总体与样本，参数与统计量，误差与错误，准确性与精确性的内涵和区别。