



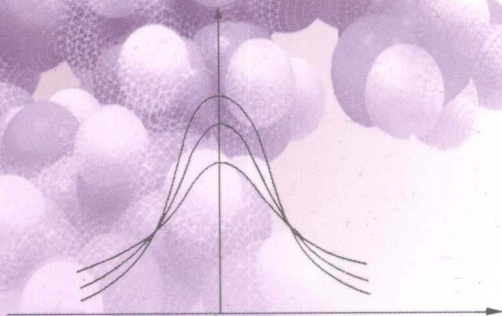
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

(高职高专教育)

生物统计学

SHENGWUTONGJIXUE

宋素芳 秦豪荣 赵 聘 主编



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

（第四版）

生物统计学

（第四版）

陈学军 陈学军 编

中国农业大学出版社

CHINA UNIVERSITY OF AGRICULTURE PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

(高职高专教育)

生物统计学

宋素芳 秦豪荣 赵聘 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物统计学/宋素芳,秦豪荣,赵聘主编. —北京:中国农业大学出版社,2008.7
(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

ISBN 978-7-81117-274-4

I. 生… II. ①宋… ②秦… ③赵… III. 生物统计-高等学校:技术学校-教材
IV. Q-332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 058261 号

书 名 生物统计学

作 者 宋素芳 秦豪荣 赵聘 主编

策划编辑 陈巧莲 姚慧敏 丛晓红

责任编辑 李丽君

封面设计 郑 川

责任校对 陈 莹 王晓凤

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

规 格 787×980 16 开本 21.25 印张 389 千字

印 数 1~4 000

定 价 30.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编写人员

主 编 宋素芳 郑州牧业工程高等专科学校
秦豪荣 江苏畜牧兽医职业技术学院
赵 聘 信阳农业高等专科学校

副主编 陆宜清 郑州牧业工程高等专科学校
周庆安 杨凌职业技术学院
王孟宇 云南农业职业技术学院

编 委 (按姓氏笔画排序)

王立辛 辽宁医学院
王孟宇 云南农业职业技术学院
宋素芳 郑州牧业工程高等专科学校
邱文然 辽宁职业学院
周庆安 杨凌职业技术学院
陈宏军 江苏畜牧兽医职业技术学院
陆宜清 郑州牧业工程高等专科学校
赵 聘 信阳农业高等专科学校
赵云焕 信阳农业高等专科学校
唐现文 江苏畜牧兽医职业技术学院
秦豪荣 江苏畜牧兽医职业技术学院

主 审 王雅春 中国农业大学

出版说明

高等职业教育作为高等教育中的一个类型,肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高技能人才的使命。大力提高人才培养的质量,增强人才对于就业岗位的适应性已成为高等职业教育自身发展的迫切需要。教材作为教学和课程建设的重要支撑,对于人才培养质量的影响极为深远。随着高等农业职业教育发展和改革的不断深入,各职业院校对于教材适用性的要求也越来越高。中国农业大学出版社长期致力于高等农业教育本科教材的出版,在高等农业教育领域发挥着重要的作用,积累了丰富的经验,希望充分利用自身的资源和优势,为我国高等职业教育的改革与发展做出自己的贡献。

经过深入调研和分析以往教材的优点与不足,在教育部高教司高职高专处和全国高职高专农林牧渔类专业教学指导委员会的关心和指导下,在各高职高专院校的大力支持下,中国农业大学出版社先后与 100 余所院校开展了合作,共同组织编写了一系列以“十一五”国家级规划教材为主体的、符合新时代高职高专教育人才培养要求的教材。这些教材从 2007 年 3 月开始陆续出版,涉及畜牧兽医类、食品类、农业技术类、生物技术类、制药技术类、财经大类和公共基础课等的 100 多个品种,其中普通高等教育“十一五”国家级规划教材 22 种。

这些教材的组织和编写具有以下特点:

精心组织参编院校和作者。每批教材的组织都经过以下步骤:首先,征集相关院校教师的申报材料。全国 100 余所高职高专院校的千余名教师给予了我们积极的反馈。然后,经由高职高专院校和出版社的专家组成的选题委员会的慎重审议,充分考虑不同院校的办学特色、专业优势、地域特点及教学改革进程,确定参加编写的主要院校。最后,根据申报教师提交的编写大纲、编写思路和样章,结合教师的学习培训背景、教学与科研经验和生产实践经历,遴选优秀骨干教师组建编写团队。其中,教授和副教授及有硕士以上学历的占 70%。特别值得一提的是,有 5% 的作者是来自企业生产第一线的技术人员。

贴近国家高职教育改革的要求。我国的高等职业教育发展历史不长,很多院校的办学模式和教学理念还在探索之中。为了更好地促进教师了解和领会教育部的教学改革精神,体现基于职业岗位分析和具体工作过程的课程设计理念,以真实工作任务或社会产品为载体组织教材内容,推进适应“工学结合”人才培养模式的课程教材的编写出版,在每次编写研讨会上都邀请了教育部高教司高职高专处、全国高职高专农林牧渔类专业教学指导委员会的领导作教学改革的报告;多次邀请

教育部职业教育研究所的知名专家到会,专门就课程设置和教材的体系建构作专题报告,使教材的编写视角高、理念新、有前瞻性。

注重反映教学改革成果。教材应该不断创新,与时俱进。好的教材应该及时体现教学改革的成果,同时也是教育教学改革的重要推进器。这些教材在组织过程中特别注重发掘各校在产学结合、工学交替实践中具有创新性的教材素材,在围绕就业岗位需要进行知识的整合、与实际生产过程的接轨上具有创新性和非常鲜明的特色,相信对于其他院校的教学改革会有启发和借鉴意义。

瞄准就业岗位群需要,突出职业能力的培养。这些教材的编写指导思想是紧扣培养“高技能人才”的目标,以职业能力培养为本位,以实践技能培养为中心,体现就业和发展需求相结合的理念。

教材体系的构建依照职业教育的“工作过程导向”原则,打破学科的“系统性”和“完整性”。内容根据职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,采用倒推法确定,即剖析职业岗位群对专业能力和技能的需求——关键能力——关键技能——围绕技能的关键基本理论。删除假设推论,减少原理论证,尽可能多地采用生产实际中的案例剖析问题,加强与实际工作的接轨。教材反映行业中正在应用的新技术、新方法,体现实用性与先进性的结合。

创新体例,增强启发性。为了强化学习效果,在每章前面提出本章的知识目标和技能目标。有的每章设有小结和复习思考题。小结采用树状结构,将主要的知识点及其之间的关联直观表达出来,有利于提高学生的学习效果和效率,也方便教师课堂总结。部分内容增编阅读材料。

加强审稿,企业与行业专家相结合,严把质量关。从选题策划阶段就邀请行内专家把关,由来自于企业、高职院校或中国农业大学有丰富生产经验的教授审核编写大纲,并对后期书稿进行严格审定。每一种教材都经过作者与审稿人的多次的交流和修改,从而保证内容的科学性、先进性和对于岗位的适应性。

这些教材的顺利出版,是全国100余所高职高专院校共同努力的结果。编写出版过程中所做的很多探索,为进一步进行教材研发提供了宝贵的经验。我们希望以此为基点,进一步加强与各校的交流合作,配合各校教学改革,在教材的推广使用、修订完善、补充扩展进程中,在提高质量和增加品种的过程中,不断拓展教材合作研发的思路,创新教材开发的模式和服务方式。让我们共同努力,携手并进,为深化高职高专教育教学改革和提高人才培养质量,培养国家需要的各行各业高素质技能型专门人才,发挥积极的推动作用。

内 容 提 要

本教材遵循以素质教育为基础、以能力培养为本位,理论以够用为度,突出理论知识在实践中的应用等原则,符合高素质技能型人才的培养目标,充分体现了高职特色。教材编写形式多样,内容翔实,图文并茂,每一章先概括本章的目的要求,结尾都有树状结构的小结和习题,计算类习题附有答案。

本教材共分 10 章,并附有实习指导。第一至三章介绍了生物统计学的基础知识,第四至八章介绍了常用显著性检验和相关回归分析方法,第九章介绍了试验设计方法,第十章介绍了常用计算机统计软件的使用方法。本教材的教学目标主要是培养学生生物学试验设计的能力和对试验资料进行统计分析、处理的能力。

本教材通俗易懂,实用性强,适合作为高职高专院校畜牧兽医专业教材,对于从事生命科学、农业科学的工作者来说也是一本很好的参考书。

前 言

生物统计学是数理统计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生物界各种数量现象的一门科学。随着生物学的不断深入,应用生物统计学的方法来认识、推断和解释生命过程中的各种现象越来越广泛,本学科已成为现代农业科学研究和生产中必不可少的工具。

生物统计学是高职高专院校畜牧、畜牧兽医、兽医、饲料与动物营养、兽药生产与营销、兽医医药、动物防疫与检疫、宠物养护与疾病防治、水产养殖技术等专业的一门必修专业基础课。本书共有 10 章,主要内容有:数据的整理与初步分析、概率与概率分布、两均数差异显著性检验、方差分析、 χ^2 检验、直线相关与直线回归、协方差分析、试验设计以及计算机统计分析等。本书在介绍生物统计基本概念、基本原理的基础上,突出统计方法的应用。除尽量通俗地说明其基本原理外,还附有多个专业的例题,以便读者通过解题灵活运用公式,掌握统计方法。教材内容分必学和选学两部分,对选学内容在目录中以“*”注明。教学时可按各专业点要求和学时数不同进行选择。

本教材遵循以素质教育为基础,以能力培养为本位,突出理论知识在实践中的应用等原则,教材内容在坚持科学性、系统性基础上,突出应用性,强调实践性,注意理论联系实际,符合高素质技能型专门人才的培养目标,充分体现了高职特色。

书中所介绍的内容主要侧重于各种统计方法的应用。书中的基本概念、基本原理以及分析方法均结合专业实例,从应用角度进行介绍。每章后都附有畜牧、兽医、水产等方面的习题,供不同专业学生选用。

本教材编写分工为:宋素芳,第一章;周庆安,第二章;陆宜清,第三章;秦豪荣,第四章、第十章;赵聘、赵云焕,第五章;王孟宇、陈宏军,第六章;邱文然,第七章;陈宏军、王孟宇,第八章;王立辛、唐现文,第九章。实习部分由相应章节的编写者完成。

本书在编写过程中参阅了国内外有关文献,并引用了其中的一些资料,部分已注明出处,限于篇幅,仍有部分文献未列出,编者对这些文献的作者表示由衷的感谢和歉意。

虽然本书的编写者都是高职高专院校多年从事生物统计教学工作的教师,尽管我们已做了最大的努力,但由于水平有限,再加上编写时间比较仓促,书中定会有不足甚至错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2008 年 1 月

本教材总体目标

《生物统计学》总体目标是以试验数据的收集、整理和统计分析为导向,强调理论与实践的结合,突出应用性和可操作性。生物统计学是畜牧兽医类专业的专业基础课,根据该课程在各专业中的地位和任务,为其设计了5个能力领域的课程目标,即数据的整理与初步分析、显著性检验、双变量分析、试验设计和计算机统计分析。

《生物统计学》教材总体目标表

	能力领域	单项能力
A	数据的整理与初步分析	A1 数据的整理 A11 抽样方法 A12 频数分布表的编制 A13 频数分布图的绘制 A2 数据资料的初步分析 A21 集中趋势的度量 A22 离散程度的度量
B	显著性检验	B1 显著性检验的基本原理 B2 t 检验、 u 检验 B21 样本平均数与总体平均数差异显著性检验 B22 两样本平均数的差异显著性检验 B23 百分数资料的差异显著性检验 B24 总体参数的区间估计 B3 方差分析 B31 单因素方差分析 B32 两因素方差分析 B4 χ^2 检验 B41 适合性检验 B42 独立性检验 B5 协方差分析 B51 单因素试验资料的协方差分析

续表

	能力领域	单项能力
C	双变量分析	C1 直线相关与直线回归 C11 直线相关 C12 直线回归 C2 曲线相关回归
D	试验设计	D1 试验设计的基本原则 D2 试验设计方法 D21 完全随机设计 D22 配对设计 D23 随机区组设计 D24 拉丁方设计 D25 交叉设计 D26 正交设计
E	计算机统计分析	E1 Excel 统计分析 E2 SPSS 统计分析

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 生物统计与试验设计的概念	(1)
第二节 常用统计术语	(2)
第三节 本课程的主要内容	(4)
第四节 学习本课程的要求与方法	(5)
本章小结	(6)
复习思考题	(6)
第二章 数据的整理与初步分析	(7)
第一节 资料的整理	(8)
第二节 数据资料的初步分析	(25)
本章小结	(38)
复习思考题	(38)
第三章 概率与概率分布	(41)
第一节 概率基础知识	(41)
第二节 概率分布	(45)
第三节 样本平均数的抽样分布	(51)
本章小结	(55)
复习思考题	(55)
第四章 两均数差异显著性检验	(57)
第一节 显著性检验的意义	(58)
第二节 显著性检验的基本原理	(59)
第三节 样本平均数与总体平均数的差异显著性检验	(63)
第四节 两样本平均数的差异显著性检验	(66)
第五节 百分数资料的差异显著性检验	(73)
第六节 总体参数的区间估计	(76)
本章小结	(79)
复习思考题	(80)
第五章 方差分析	(81)
第一节 方差分析的概念与意义	(81)

第二节 方差分析的基本原理	(83)
第三节 多重比较	(90)
第四节 单因素试验方差分析	(98)
第五节 两因素试验方差分析	(102)
* 第六节 方差分析的基本假定与数据转换	(119)
* 第七节 方差的同质性检验	(122)
本章小结	(125)
复习思考题	(126)
第六章 χ^2 检验	(129)
第一节 χ^2 检验的意义和原理	(130)
第二节 适合性检验	(132)
第三节 独立性检验	(139)
本章小结	(147)
复习思考题	(148)
第七章 直线相关与直线回归	(150)
第一节 相关与回归的含义	(150)
第二节 直线相关	(154)
第三节 直线回归	(159)
第四节 相关与回归的关系	(167)
第五节 曲线相关与回归	(170)
本章小结	(177)
复习思考题	(178)
第八章 协方差分析	(179)
第一节 协方差分析的意义与作用	(179)
第二节 单因素试验资料的协方差分析	(181)
本章小结	(191)
复习思考题	(192)
第九章 试验设计	(194)
第一节 试验设计概述	(195)
第二节 试验计划和试验方案的拟订	(198)
第三节 试验设计的原则	(203)
第四节 试验设计方法	(207)
第五节 样本容量的确定	(236)

本章小结	(241)
复习思考题	(242)
第十章 计算机统计分析	(244)
一、Excel 统计分析	(244)
二、SPSS 统计分析	(257)
复习思考题	(278)
生物统计学实习指导	(279)
实习一 电子计算器的使用	(279)
实习二 t 检验与 u 检验	(280)
实习三 方差分析	(282)
实习四 χ^2 检验	(284)
实习五 直线相关与回归分析	(286)
实习六 协方差分析	(287)
实习七 试验设计	(290)
附表 1 随机数字表(I)	(291)
随机数字表(II)	(294)
附表 2 标准正态分布的累积分布函数表	(297)
附表 3 标准正态分布的双侧分位数表	(299)
附表 4 t 分布的双侧分位数表	(300)
附表 5 F 分布的上侧分位数表	(302)
附表 6 Duncan's 多重极差检验的 5% 和 1% SSR 值表	(304)
附表 7 5% 及 1% q 值表	(306)
附表 8 百分数反正弦($\sin^{-1}\sqrt{x}$)转换表	(309)
附表 9 χ^2 分布的上侧分位数表	(315)
附表 10 r 及 R 显著数值表	(317)
附表 11 常用正交表	(319)
参考文献	(323)

第一章 概 论



知识目标

- 掌握生物统计和试验设计的基本概念、常用统计术语。

本章介绍了生物统计和试验设计的基本概念、常用统计术语,本课程的主要内容以及学习方法。

通过本章学习,使读者掌握生物统计和试验设计的基本概念、常用统计术语,了解本课程的主要内容以及学习方法,为学好本课程奠定良好的基础。

第一节 生物统计与试验设计的概念

在生产实践和日常生活中,人们为了揭示事物本身所蕴藏的客观规律,常常会通过科学试验、调查或日常记录获得各种各样的数据,但是这些数据常常表现出不同程度的变异。如测量 200 头某品种猪的背膘厚度,测定 50 只四川白鹅 60 d 的体重,这些数据都有不同程度的差异。这些差异产生的原因,有的是人们所了解的,例如饲料、品种、饲养管理条件等不同,还有许多因素还未被人们所认识,因此,就不能直接从所得数据表面上表现出来的差异对研究的事物做结论。如何科学地整理、分析具有变异性质的资料,揭示出隐藏在其内部的规律性,是生物统计的根本任务。生物统计学是数理统计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生物界各种数量现象的一门科学。

在对事物的研究过程中,人们没有必要或不可能对事物的全部研究对象(总

体)逐个进行观测,而是按照一定的原则从中抽取一部分个体(样本),对其进行观测,得到规律后,再对事物的全体作出估计,这种方法我们称之为抽样研究的方法。例如为了了解某鸡场某批种鸡的生长发育情况,从该批种鸡中随机抽取 50 只,对其进行观测,依据其生长发育情况来估测整批种鸡的生长发育情况。在生物学研究中,我们期望知道的是总体,而不是样本,可是在具体工作中,我们所得到的只是一般只是样本,而不是总体。因此,从某种意义上讲,生物统计学是生物科学研究中由样本来推断总体的一门科学。

试验设计是进行科学研究的重要工具。广义理解是指在试验之前,应用生物统计的原理和方法,对整个试验研究课题的设计,也就是对整个试验计划的拟订,使我们以较少的人力、物力和时间,获得较多的可靠信息来进行统计分析,从而得出科学的结论。

生物统计与试验设计是不可分割的两个部分,试验设计需要生物统计知识作为基础,而大量的试验数据又为统计方法提供了丰富可靠的资料。

第二节 常用统计术语

一、总体与样本

根据研究目的确定的、符合指定条件的研究对象的全体叫总体。按照一定的原则从总体中抽取的一部分个体称为样本。例如为了研究四川白鹅年产蛋量,随机抽取了 500 只进行调查,那么,所有四川白鹅的年产蛋量就构成四川白鹅年产蛋量的总体,而随机抽取的 500 只四川白鹅的年产蛋量就构成四川白鹅年产蛋量的一个样本。总体中的每一个个体就是一个总体单位或总体个体,总体中所含总体单位数的多少常用字母“ N ”表示。根据 N 值是否可以确定,将总体分为有限总体和无限总体,含有有限个总体单位的总体称为有限总体,含有无限多个总体单位的总体叫无限总体。样本中所含个体的多少称为样本容量,用字母“ n ”表示。习惯上将 $n \leq 30$ 的样本称为小样本, $n > 30$ 的样本称为大样本。

二、参数与统计量

参数是由总体计算得到的描述总体数量特征和规律的数值,也称总体特征数,常用希腊字母表示。例如用 μ 表示总体平均数,用 σ 表示总体标准差。由样本计算得到的特征数叫统计量,也称样本特征数,常用英文字母表示统计量。例如用 $\bar{x}$