



高职高专“十一五”规划教材

★ 农林牧渔系列

生物统计与试验设计

SHENGWU TONGJI
YU SHIYAN SHEJI

吴占福 王艳立 主编

332
21



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

★ 农林牧渔系列

生物统计与试验设计

SHENGWU TONGJI
YU SHIYAN SHEJI

吴占福 王艳立 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

内 容 提 要

本教材共十章,包括绪论、数据资料的整理、数据资料的特征数、概率及其理论分布、平均数差异显著性检验—— t 检验、方差分析、次数资料分析—— χ^2 检验、简单相关与回归、协方差分析、畜牧兽医试验设计等内容,并附有常用统计数学用表,同时在相关章节中还融入了运用 Excel 软件进行统计分析的实例。第一至三章是学习生物统计学的基础知识,第四至九章是统计分析方法,第十章是试验设计的基础知识,为便于理解,书中编入了大量与专业相关的例题,还编入了 SAS 统计软件和 SPSS 统计软件的应用方法简介。

本书适用于高职高专院校畜牧、兽医、兽药生产、饲料加工、卫生检验等专业,也适合于生物技术专业及广大农林牧渔业科技工作者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

生物统计与试验设计/吴占福,王艳立主编. —北京:
化学工业出版社,2010.5
高职高专“十一五”规划教材★农林牧渔系列
ISBN 978-7-122-08054-7

I. 生… II. ①吴…②王… III. 生物统计-高等学
校:技术学院 教材 IV. Q-332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 050605 号

责任编辑:梁静丽 李植峰 郭庆睿
责任校对:蒋 宇

文字编辑:周 侗
装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 12¼ 字数 300 千字 2010 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

高职高专“十一五”规划教材★农林牧渔系列 建设委员会成员名单

主任委员 介晓磊

副主任委员 温景文 陈明达 林洪金 江世宏 荆宇 张晓根

窦铁生 何华西 田应华 吴健 马继权 张震云

委员 (按姓名汉语拼音排列)

边静玮	陈桂银	陈宏智	陈明达	陈涛	邓灶福	窦铁生	甘勇辉	高婕	耿明杰
官麟丰	谷凤柱	郭桂义	郭永胜	郭振升	郭正富	何华西	胡繁荣	胡克伟	胡孔峰
胡天正	黄绿荷	江世宏	姜文联	姜小文	蒋艾青	介晓磊	金伊洙	荆宇莉	李纯蕊
李光武	李效民	李彦军	梁学勇	梁运霞	林伯全	林洪金	刘俊栋	刘莉星	刘蕊
刘淑春	刘万平	刘晓娜	刘新社	刘奕清	刘政平	卢颖能	马继权	倪海星	欧阳素贞
潘开宇	潘自舒	彭宏	彭小燕	邱运亮	任平	商世能	史延平	苏允平	陶正平
田应华	王存兴	王宏	王秋梅	王水琦	王晓典	王秀娟	王燕丽	温景文	吴昌标
吴健	吴郁魂	吴云辉	武模戈	肖卫莘	肖文左	解相林	谢利娟	谢拥军	徐苏凌
徐作仁	许开录	闫慎飞	颜世发	燕智文	杨玉珍	尹秀玲	于文越	张德炎	张海松
张晓根	张玉廷	张震云	张志轩	赵晨霞	赵华	赵先明	赵勇军	郑继昌	周晓舟
朱学文									

高职高专“十一五”规划教材★农林牧渔系列 编审委员会成员名单

主任委员 蒋锦标

副主任委员 杨宝进 张慎举 黄瑞 杨廷桂 刘莉 胡虹文

张守润 宋连喜 薛瑞辰 王德芝 王学民 张桂臣

委员 (按姓名汉语拼音排列)

艾国良	白彩霞	白迎春	白永莉	白远国	柏玉平	毕玉霞	边传周	卜春华	曹晶
曹宗波	陈传印	陈杭芳	陈金雄	陈环	陈盛彬	陈现臣	程冉	褚秀玲	崔爱萍
丁玉玲	董义超	董曾施	段鹏慧	范洲衡	方希修	付美云	高凯	高梅	高志花
弓建国	顾成柏	顾洪娟	关小变	韩建强	韩强	何海健	何英俊	胡凤新	胡虹文
胡辉	胡石柳	黄瑞	黄修奇	吉梅	纪守学	纪瑛	蒋锦标	鞠志新	李碧全
李刚	李继连	李军	李雷斌	李林春	梁本国	梁称福	梁俊荣	林宗亮	林仲桂
刘革利	刘广文	刘丽云	刘莉	刘贤忠	刘晓欣	刘振华	刘振湘	刘冬梅	柳遵新
龙冰雁	罗玲	潘琦	潘一展	邱深本	任国栋	阮荣玲	申庆全	石伟	史兴山
史雅静	宋连喜	孙克威	孙雄华	孙志浩	唐建勋	唐晓玲	陶令霞	田伟	田伟政
田文儒	汪玉琳	王爱华	王朝霞	王大来	王道国	王德芝	王健	王立军	王孟宇
王双山	王铁岗	王文焕	王新军	王星	王学民	王艳立	王云惠	王中华	吴俊琢
吴琼峰	吴占福	吴中军	肖尚修	熊运海	徐公义	徐占云	许美解	薛瑞辰	羊建平
杨宝进	杨平科	杨廷桂	杨卫韵	杨学敏	杨志玲	杨治国	姚志刚	张怀珠	张新军
于承鹤	于显威	袁亚芳	曾饶琼	曾元根	战忠玲	张春华	张桂臣	张希彦	张玲娟
张庆霞	张慎举	张守润	张响英	张欣	张新明	张艳红	张祖荣	赵希	赵秀娟
郑翠芝	周显忠	朱雅安	卓开荣						

高职高专“十一五”规划教材★农林牧渔系列建设单位

(按汉语拼音排列)

- | | | |
|-----------------|---------------|----------------|
| 安阳工学院 | 黑龙江农业经济职业学院 | 曲靖职业技术学院 |
| 保定职业技术学院 | 黑龙江农业职业技术学院 | 日照职业技术学院 |
| 北京城市学院 | 黑龙江生物科技职业学院 | 三门峡职业技术学院 |
| 北京林业大学 | 黑龙江畜牧兽医职业学院 | 山东科技职业学院 |
| 北京农业职业学院 | 呼和浩特职业学院 | 山东理工职业学院 |
| 本钢工学院 | 湖北生物科技职业学院 | 山东省贸易职工大学 |
| 滨州职业学院 | 湖南怀化职业技术学院 | 山东省农业管理干部学院 |
| 长治学院 | 湖南环境生物职业技术学院 | 山西林业职业技术学院 |
| 长治职业技术学院 | 湖南生物机电职业技术学院 | 山西农业大学 |
| 常德职业技术学院 | 湖南省出入境检验检疫局 | 商洛学院 |
| 成都农业科技职业学院 | 吉林农业科技学院 | 商丘师范学院 |
| 成都市农林科学院园艺研究所 | 集宁师范高等专科学校 | 商丘职业技术学院 |
| 重庆三峡职业学院 | 济宁市高新技术开发区农业局 | 深圳职业技术学院 |
| 重庆水利电力职业技术学院 | 济宁市教育局 | 沈阳农业大学沈阳农大高职学院 |
| 重庆文理学院 | 济宁职业技术学院 | 苏州农业职业技术学院 |
| 德州职业技术学院 | 嘉兴职业技术学院 | 温州科技职业学院 |
| 福建农业职业技术学院 | 江苏联合职业技术学院 | 乌兰察布职业学院 |
| 抚顺师范高等专科学校 | 江苏农林职业技术学院 | 厦门海洋职业技术学院 |
| 甘肃农业职业技术学院 | 江苏畜牧兽医职业技术学院 | 仙桃职业技术学院 |
| 广东科贸职业学院 | 江西生物科技职业学院 | 咸宁学院 |
| 广东农工商职业技术学院 | 金华职业技术学院 | 咸宁职业技术学院 |
| 广西百色市水产畜牧兽医局 | 晋中职业技术学院 | 信阳农业高等专科学校 |
| 广西大学 | 荆楚理工学院 | 延安职业技术学院 |
| 广西农业职业技术学院 | 荆州职业技术学院 | 杨凌职业技术学院 |
| 广西职业技术学院 | 景德镇高等专科学校 | 宜宾职业技术学院 |
| 广州城市职业学院 | 丽水学院 | 永州职业技术学院 |
| 海南大学应用科技学院 | 丽水职业技术学院 | 玉溪农业职业技术学院 |
| 海南师范大学 | 辽东学院 | 岳阳职业技术学院 |
| 海南职业技术学院 | 辽宁科技学院 | 云南农业职业技术学院 |
| 杭州万向职业技术学院 | 辽宁农业职业技术学院 | 云南热带作物职业学院 |
| 河北北方学院 | 辽宁医学院高等职业技术学院 | 云南省普洱农业学校 |
| 河北工程大学 | 辽宁职业学院 | 云南省曲靖农业学校 |
| 河北交通职业技术学院 | 聊城大学 | 云南省思茅农业学校 |
| 河北科技师范学院 | 聊城职业技术学院 | 张家口教育学院 |
| 河北省现代农业高等职业技术学院 | 眉山职业技术学院 | 漳州职业技术学院 |
| 河南科技大学林业职业学院 | 南充职业技术学院 | 郑州牧业工程高等专科学校 |
| 河南农业大学 | 盘锦职业技术学院 | 郑州师范高等专科学校 |
| 河南农业职业学院 | 濮阳职业技术学院 | 中国农业大学 |
| 河西学院 | 青岛农业大学 | 周口职业技术学院 |
| 黑龙江农业工程职业学院 | 青海畜牧兽医职业技术学院 | |

《生物统计与试验设计》编写人员名单

主 编 吴占福 王艳立

副 主 编 胡天正 邱文然 温 萍 刘海斌

编 者 （按姓名汉语拼音排列）

官丽辉 河北北方学院

胡天正 玉溪农业职业技术学院

雷建伟 昆明市农业学校

李海龙 辽宁职业学院

刘海斌 河北北方学院

邱文然 辽宁职业学院

王立辛 辽宁医学院动物科学技术学院

王艳立 辽宁农业职业技术学院

温 萍 辽宁农业职业技术学院

吴占福 河北北方学院

武翠芳 玉溪农业职业技术学院

张国强 安阳工学院

郑陶生 永州职业技术学院

序

当今,我国高等职业教育作为高等教育的一个类型,已经进入到以加强内涵建设,全面提高人才培养质量为主旋律的发展新阶段。各高职高专院校针对区域经济社会的发展与行业进步,积极开展新一轮的教育教学改革。以服务为宗旨,以就业为导向,在人才培养质量工程建设的各个侧面加大投入,不断改革、创新和实践。尤其是在课程体系与教学内容改革上,许多学校都非常关注利用校内、校外两种资源,积极推动校企合作与工学结合,如邀请行业企业参与制定培养方案,按职业要求设置课程体系;校企合作共同开发课程;根据工作过程设计课程内容和改革教学方式;教学过程突出实践性,加大生产性实训比例等,这些工作主动适应了新形势下高素质技能型人才培养的需要,是落实科学发展观,努力办人民满意的高等职业教育的主要举措。教材建设是课程建设的重要内容,也是教学改革的重要物化成果。教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)指出“课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点”,明确要求要“加强教材建设,重点建设好3000种左右国家规划教材,与行业企业共同开发紧密结合生产实际的实训教材,并确保优质教材进课堂。”目前,在农林牧渔类高职院校中,教材建设还存在一些问题,如行业变革较大与课程内容老化的矛盾、能力本位教育与学科型教材供应的矛盾、教学改革加快推进与教材建设严重滞后的矛盾、教材需求多样化与教材供应形式单一的矛盾等。随着经济发展、科技进步和行业对人才培养要求的不断提高,组织编写一批真正遵循职业教育规律和行业生产经营规律、适应职业岗位群的职业能力要求和高素质技能型人才培养的要求、具有创新性和普适性的教材将具有十分重要的意义。

化学工业出版社为中央级综合科技出版社,是国家规划教材的重要出版基地,为我国高等教育的发展做出了积极贡献,曾被新闻出版总署领导评价为“导向正确、管理规范、特色鲜明、效益良好的模范出版社”,2008年荣获首届中国出版政府奖——先进出版单位奖。近年来,化学工业出版社密切关注我国农林牧渔类职业教育的改革和发展,积极开拓教材的出版工作,2007年年底,在原“教育部高等学校高职高专农林牧渔类专业教学指导委员会”有关专家的指导下,化学工业出版社邀请了全国100余所开设农林牧渔类专业的高职高专院校的骨干教师,共同研讨高等职业教育新阶段教学改革中相关专业教材的建设工作,并邀请相关行业企业作为教材建设单位参与建设,共同开发教材。为做好系列教材的组织建设与指导服务工作,化学工业出版社聘请有关专家组建了“高职高专‘十

“一五”规划教材★农林牧渔系列建设委员会”和“高职高专“一五”规划教材★农林牧渔系列编审委员会”，拟在“一五”期间组织相关院校的一线教师和相关企业的技术人员，在深入调研、整体规划的基础上，编写出版一套适应农林牧渔类相关专业教育的基础课、专业课及相关外延课程教材——高职高专“一五”规划教材★农林牧渔系列。该套教材将涉及种植、园林园艺、畜牧、兽医、水产、宠物等专业，于2008~2010年陆续出版。

该套教材的建设贯彻了以职业岗位能力培养为中心，以素质教育、创新教育为基础的教育理念，理论知识“必需”、“够用”和“管用”，以常规技术为基础，关键技术为重点，先进技术为导向。此套教材汇集众多农林牧渔类高职院校教师的教学经验和教改成果，又得到了相关行业企业专家的指导和积极参与，相信它的出版不仅能较好地满足高职高专农林牧渔类专业的教学需求，而且对促进高职高专专业建设、课程建设与改革、提高教学质量也将起到积极的推动作用。希望有关教师和行业企业技术人员，积极关注并参与教材建设。毕竟，为高职高专农林牧渔类专业教育教学服务，共同开发、建设出一套优质教材是我们共同的责任和义务。

介晓磊

2008年10月

前言

生物统计与试验设计是畜牧兽医类专业的专业基础课程,是数理统计原理和方法在生物学中的应用。其主要目的是培养学生具有畜牧兽医试验设计的能力和对试验资料进行统计分析处理的能力。为进一步适应 21 世纪市场经济和我国高职高专农林牧渔类教育的发展、满足高职高专教学改革和人才培养的需要,在高职高专农林牧渔类“十一五”规划教材建设委员会和编审委员会的指导、支持下,在全国范围内遴选组成了《生物统计与试验设计》教材编写委员会,组织编写本书。本书是高职高专“十一五”规划教材★农林牧渔系列分册之一。

在编写过程中,根据高职高专农业院校畜牧、兽医等专业培养目标和相应教学计划的要求,按照“必需、够用”的原则,由浅入深、循序渐进地介绍了畜牧生产和科学研究中常用的统计分析方法和试验设计方法。教材内容在坚持科学性、系统性的基础上,突出应用性,加强实践性,力求编写出具有农业院校高职高专特色的教学用书。既保持课程内容的系统性,又遵循难易适度、循序渐进的教学规律;既有广泛的适用性,又具有时代特征。

本教材共十章,包括绪论、数据资料的整理、数据资料的特征数、概率及其理论分布、平均数差异显著性检验—— t 检验、方差分析、次数资料分析—— χ^2 检验、简单相关与回归、协方差分析、畜牧兽医试验设计等内容,并附有常用统计数学用表,同时在相关章节中还融入了运用 Excel 软件进行统计分析的实例。第一~三章是学习生物统计学的基础知识,第四~九章是统计分析方法,第十章是试验设计的基础知识。为适应我国高职高专农业教育的不断革新,还编入了 SAS 统计软件和 SPSS 统计软件的应用方法简介。教材内容授课学时约为 50~65 学时。在编写中注意突出重点,阐述清楚概念与基本方法,并列举大量与专业密切相关的例题,语言简洁通俗,便于自学。

本书适用于高职高专院校畜牧、兽医、兽药生产、饲料加工、卫生检验等专业,也适合于生物技术专业及广大农林牧渔业科技工作者阅读。

由于编写时间与编写人员水平所限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正!

编者

2010 年 1 月



第一章 绪论	001
【知识目标】【技能目标】	001
第一节 生物统计与试验设计的概念	001
一、生物统计	001
二、试验设计	001
第二节 生物统计与试验设计的主要内容	002
一、资料的整理及统计分析	002
二、显著性检验	002
三、相关与回归	003
四、试验设计	003
第三节 生物统计与试验设计常用术语	004
一、总体与样本	004
二、参数与统计量	004
三、误差与错误	004
四、精密度与准确度	005
第四节 生物统计与试验设计的功用	005
一、提供整理与描述数据的科学方法	005
二、提供由样本推断总体的科学方法	006
三、提供鉴定试验处理效应的科学方法	006
四、提供相关和回归分析的科学方法	006
五、提供调查或科学试验设计的原则	006
六、提供制订规划和进行决策需要的依据	006
【本章小结】	007
【习题】	007
第二章 数据资料的整理	008
【知识目标】【技能目标】	008
第一节 数据资料的来源、检查核对与分类	008
一、数据资料的来源	008
二、数据资料的检查与核对	009
三、数据资料的分类	009
第二节 数据资料的整理与分组	010
一、计数资料的整理与分组	010
二、计量资料的整理与分组	011
三、次数分布图	012
【本章小结】	017
【习题】	018
第三章 数据资料的特征数	019
【知识目标】【技能目标】	019
第一节 平均数	019
一、平均数的意义	019
二、平均数的计算方法	019
第二节 标准差	024
一、标准差的意义	024
二、标准差的计算方法	024
三、标准差的性质	026
第三节 变异系数	026
一、变异系数的意义	026
二、变异系数的计算方法	027
第四节 应用 Excel 软件计算资料的特征数	027
一、利用 Excel 软件的插入函数功能计算统计量	027
二、利用 Excel 软件的数据分析功能计算统计量	028
【本章小结】	029
【习题】	029

第四章 概率论及其理论分布 031

【知识目标】【技能目标】	031	四、双侧（尾）概率与单侧（尾） 概率	038
第一节 概率	031	第四节 二项分布	038
一、概率的统计定义	031	一、 n 次重复独立试验概型	038
二、小概率事件实际不可能性原理	032	二、二项分布的定义与性质	039
第二节 概率分布	032	三、二项分布的平均数与标准差	040
一、随机变量	032	第五节 样本平均数的抽样分布	041
二、离散型随机变量的概率分布	033	一、样本平均数抽样分布	041
三、连续型随机变量的概率分布	033	二、标准误	042
第三节 正态分布	034	第六节 t 分布	042
一、一般正态分布	034	【本章小结】	044
二、标准正态分布	035	【习题】	044
三、一般正态分布与标准正态分布的 联系	036		

第五章 平均数差异显著性检验—— t 检验 045

【知识目标】【技能目标】	045	一、样本百分数与总体百分数差异 显著性检验	053
第一节 概述	045	二、两个样本百分数差异显著性检验	054
一、平均数差异显著性检验的意义	045	第五节 用 Excel 软件进行 t 检验	056
二、 t 检验的原理	046	一、方差同质性检验（方差齐性检验）—— F 检验 双样本方差分析	056
三、统计假设检验的步骤	049	二、成组数据 t 检验（方差同质）—— t 检验：双样本等方差假设	057
四、显著水平与两种类型的错误	049	三、成组数据 t 检验（方差不同质）—— t 检验：双样本异方差假设	057
五、双侧检验与单侧检验	050	四、成对数据 t 检验—— t 检验：成对 双样本均值分析	057
第二节 样本平均数与总体平均数差异 显著性检验	051	第六节 总体参数的区间估计	058
一、样本平均数与总体的关系	051	一、正态总体平均数 μ 的置信区间	058
二、样本平均数与总体平均数的显著性 检验	051	二、二项总体百分数 P 的置信区间	059
第三节 两样本平均数差异的显著性检验	052	【本章小结】	060
一、非配对设计两个样本平均数差异的 显著性检验	052	【习题】	060
二、配对设计两个样本平均数差异的显 著性检验	053		
第四节 百分数资料差异显著性检验	053		

第六章 方差分析 062

【知识目标】【技能目标】	062	一、最小显著差数法	069
第一节 概述	062	二、最小显著极差法	070
一、方差分析的意义	062	三、多重比较结果的表示方法	072
二、常用名词术语	063	第三节 单因素试验资料的方差分析	073
三、方差分析的基本原理	064	一、处理内重复数相等的方差分析	073
四、方差分析的基本步骤	068	二、处理内重复数不等的方差分析	074
第二节 多重比较	068	第四节 两因素交叉分组资料的方差分析	075

一、两因素单独观测值试验资料的方差分析	075	第六节 用 Excel 软件进行方差分析	088
二、两因素有重复观测值试验资料的方差分析	079	一、单因素方差分析	088
第五节 系统分组资料的方差分析	084	二、两因素单独观测值试验资料的方差分析	089
一、次级样本含量相等的系统分组资料的方差分析	086	三、两因素有重复观测值试验资料的方差分析	090
二、次级样本含量不等的系统分组资料的方差分析	087	【本章小结】	091
		【习题】	091
第七章 次数资料分析——χ^2 检验	093		
【知识目标】【技能目标】	093	三、 χ^2 显著性检验的再分割法	096
第一节 概述	093	第三节 独立性检验	097
一、 χ^2 统计量	093	一、 2×2 表的独立性检验	098
二、 χ^2 检验的原理与基本步骤	094	二、 $2 \times c$ 表的独立性检验	099
三、 χ^2 检验的连续性校正	094	三、 $r \times c$ 表的独立性检验	099
第二节 适合性检验	095	【本章小结】	100
一、适合性检验的意义	095	【习题】	101
二、适合性检验的方法	095		
第八章 简单相关与回归	102		
【知识目标】【技能目标】	102	二、直线回归的显著性检验	112
第一节 概述	102	三、相关与回归的关系	114
一、变量之间的关系	102	四、简单相关与回归的应用	116
二、相关分析与回归分析的意义	102	五、相关与回归应用时的注意事项	116
三、相关分析与回归分析的分类	103	第四节 曲线回归	117
第二节 直线相关	103	一、曲线相关与回归分析的基本步骤	117
一、相关性质的确定和相关程度的度量	103	二、曲线配合的拟合度测定	121
二、相关系数的计算	105	第五节 用 Excel 软件进行相关与回归分析	122
三、相关系数的显著性检验	107	一、相关系数的计算	122
四、相关分析的注意事项	108	二、回归分析	122
第三节 直线回归	109	【本章小结】	123
一、直线回归方程的建立	109	【习题】	124
第九章 协方差分析	125		
【知识目标】【技能目标】	125	第二节 单因素试验资料的协方差分析	127
第一节 概述	125	【本章小结】	134
一、协方差分析的概念	125	【习题】	134
二、协方差分析的意义	125		
第十章 畜牧兽医试验设计	136		
【知识目标】【技能目标】	136	第一节 概述	136

一、试验设计的意义	136	二、配对设计	143
二、试验的类型	136	三、随机单位组设计	144
三、试验的基本要求	137	四、拉丁方设计	147
第二节 试验计划与试验方案的拟订	138	五、交叉设计	150
一、试验计划的拟订	138	六、调查设计	152
二、试验方案的拟订	138	第五节 抽样技术	153
第三节 试验误差的来源和试验设计的		一、抽样的目的和要求	153
基本原则	140	二、抽样的方法	154
一、试验误差的来源	140	三、样本含量的估计	154
二、试验设计的基本原则	140	四、样本的采集及抽样试验	157
第四节 常用的试验设计方法	141	【本章小结】	159
一、完全随机设计	141	【习题】	160
附录 SAS 软件与 SPSS 软件的使用方法	161		
一、SAS 软件的使用方法	161	二、SPSS 软件的使用方法	164
附表	167		
附表 1 正态分布表	167	附表 5 q 值表	174
附表 2 正态分布的双侧分位数 u 值表	168	附表 6 SSR 表	176
附表 3 t 值表	169	附表 7 χ^2 值表	177
附表 4 F 值表 (一)	170	附表 8 r 的显著数值表	178
附表 4 F 值表 (二)	171	附表 9 随机数字表 (I)	179
附表 4 F 值表 (三)	172	附表 10 随机数字表 (II)	180
附表 4 F 值表 (四)	173	附表 11 常用正交表	181
参考文献	183		

第一章 绪 论

【知识目标】

- 掌握生物统计与试验设计的概念。
- 掌握常用术语的概念与生物统计的功用。

【技能目标】

- 能区分总体与样本、参数与统计量、准确度与精确度。

第一节 生物统计与试验设计的概念

一、生物统计

生物统计 (biometry) 是数理统计在生物科学中的应用, 是用数理统计的原理和方法分析和解释生物界各种现象与数量资料的一门学科。即借助于数理统计的理论和方法, 对生产和试验调查所得到的有变异的数据做出正确的判断, 找出内在的客观规律, 再以生物学观点加以解释。随着生产和科学技术的发展, 生物统计的应用日益广泛, 逐渐成为处理数据的必需手段。生物统计是研究如何科学地搜集、整理和分析数据的统计分析方法, 具有很强的实用性。

人们从事动物生产和科学研究的对象总是预研究事物的一部分 (样本), 例如测定畜禽的生产性能时不可能测定全部品种, 而只能抽取部分个体; 药物的疗效观察也只能用少数畜禽做试验, 而人们希望了解的是事物全体 (总体) 的特征特性。运用生物统计方法就能由部分推断全体, 由个别推断一般, 这种研究方法称为统计推断, 是生物统计的重要内容之一。生物统计处理的数据要求具有质的共同性, 不同质的事物或现象混在一起统计, 会得出荒谬的结果; 但是同质的研究对象不可避免地存在数量方面的差异, 例如同品种的奶牛, 即使被观察牛只的性别、年龄相同, 但它们之间在体重、体尺等方面也各不相同。生物统计的任务就是要认识有变异的事物或现象。自然界的事物或现象间总是互相联系的, 生物统计就是要研究它们间的相互关系, 揭示其客观规律, 从一事物或现象的观察预测另一事物或现象的发生, 为充实理论和生产服务。

二、试验设计

试验设计 (experimental design) 是指试验研究工作进行前应用生物统计原理, 制定试验方案, 选择试验动物, 合理分组, 使人们可以利用较少的人力、物力和时间, 获得多而可靠的信息资料, 得出科学的结论。生物统计与试验设计是不可分割的两部分。试验设计需要以统计的原理和方法为基础, 而正确设计试验又为统计方法提供了丰富可靠的信息, 两者紧密结合推断出较为客观的结论, 不断地推动动物科学、动物医学、水产业和科学研究的发展。

广义的试验设计是指试验研究课题的整体设计, 也就是指整个试验计划的拟订, 包含课

题名称、试验目的, 研究依据、内容及预期达到的效果, 试验方案, 供试单位的选取、重复数的确定, 试验单位的分组, 试验的记录项目和要求, 试验结果的分析方法, 经济效益或社会效益的估计, 已具备的条件, 需要购置的仪器设备, 参加研究人员的分工, 试验时间、地点、进度安排和经费预算, 成果鉴定, 学术论文撰写等内容。狭义的试验设计主要是指试验单位(如试验的畜、禽)的选取、重复数目的确定及试验单位的分组。生物统计中的试验设计主要指狭义的试验设计。合理的试验设计能控制和降低试验误差, 提高试验的精密度, 为统计分析获得试验处理效应和试验误差的无偏估计提供必要的数据库。

第二节 生物统计与试验设计的主要内容

生物统计与试验设计是畜牧兽医等专业的主要专业基础课之一。其主要目的是培养学生具有动物科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, 是为了学习后续专业课程打好基础。

本课程的内容主要分为以下几个方面。

一、资料的整理及统计分析

由生产或试验所得的数据资料(data)是很多的, 需要加以整理和分析。整理的内容主要是检查原始数据的完整性、正确性, 作次数表和统计图。并从资料中计算出3个主要的统计量, 即平均数、标准差及标准误, 用这些统计量来估计总体的参数, 分析资料的集中性(以平均数来表示)、离中性(以标准差来表示)以及平均数的可靠性(以标准误大小来表示), 作为初步统计分析。

二、显著性检验

由于所获得的资料仅是一个样本, 与总体间必然有一定差异, 因此, 必须检验样本统计量的可靠性, 看它是否能代表总体, 以及样本均数之间的差异主要是由处理效应(treatment effect)引起的, 还是主要由试验误差(experimental error)所造成。这在统计上称为显著性检验(test of significance)。

显著性检验的方法很多, 常用的有以下3类。

1. 平均数间差异显著性检验

1908年, 英国统计学家哥塞特(W. S. Gosset, 1876—1937)首次以“学生”(student)为笔名, 在《生物计量学》杂志上发表了《平均数的概率误差》, 又连续发表了《相关系数的概率误差》(1909)、《非随机抽样的样本平均数分布》(1909)、《从无限总体随机抽样平均数的概率估算表》(1917)等论文。这些论文的完成, 为“小样本理论”奠定了基础, 同时也为以后的样本资料的统计分析与解释开创了一条崭新的路子。由于哥塞特开创的理论使统计学开始由大样本向小样本、由描述向推断发展; 提出了著名的 t 检验的方法和理论, 因此, 有人把哥塞特推崇为推断统计学的先驱者。

在分析资料时, 经常要对两组平均数进行比较, 比较平均数之间是否存在着显著性的差异, 即检验差异由偶然性引起的可能性有多大? 如是小样本则常用 t 检验法, 如是大样本则用 u 检验法。检验时要注意唯一差异性, 即注意是否具有可比的基础。

2. χ^2 检验

1900年毕尔生独立地提出 χ^2 检验(卡方检验), 又重新发现了 χ^2 分布, 并提出了有名

的“ χ^2 检验法”。毕尔生获得了统计量 $\chi^2 = \sum (\text{实际次数} - \text{理论次数})^2 / \text{理论次数}$ ，并证明了当观察次数充分大时， χ^2 总是近似地服从自由度为 $(k-1)$ 的 χ^2 分布，其中 k 是表示所划分的组数。在自然现象的范围内， χ^2 检验法运用得很广泛，经费雪补充，成为了小样本推断统计的早期方法之一。 χ^2 检验是属性资料的统计检验方法。有许多性状不能用直接测量的方法加以衡量，一般称为属性性状。例如，在猪的杂交试验中，子代毛色的黑与白，性别中的公与母，以及药物试验中的治愈或无效，均可以应用属性统计检验方法。通过对具有相同属性的计数来分析、检验它实际的观测值是否与理论值相符。

3. 方差分析——F 检验法

方差分析 (analysis of variance, AOV) 又名变量分析，是由英国统计学家费雪 (R. A. Fisher, 1890—1962) 于 1923 年提出的。方差分析在科研工作中极为重要，特别是在多因素试验中，可以帮助人们分析出起主导作用的变异来源。方差分析从数学模型上看有固定模型 (fixed model)、随机模型 (random model) 和混合模型 (mixed model) 3 种。进一步列出方差分析的各自的期望均方 (expected mean squares, EMS)，从而估计出各种效应值，是近代生物统计学科的发展。

三、相关与回归

统计相关法是由高尔登创造的。关于相关研究的起因，最早是他因度量甜豌豆的大小，觉察到子代在遗传后有“返于中亲”的现象。1877 年他搜集大量人体身高数据后，计算分析高个子父母、矮个子父母以及一高一矮父母的后代各有多少个高个子和矮个子子女，从而把父母高的后代高个子比较多、父母矮的后代高个子比较少这一定性认识具体化为父母与子女之间在身高方面的定量关系。1888 年，高尔登在“相关及其主要来自人体的度量”一文中，充分论述了“相关”的统计意义，并提出了高尔登相关函数（即现在常用的相关系数）的计算公式。研究两个变量之间相互关系的密切程度，称为相关 (correlation)，以相关系数来表示。例如黄牛胸围与体重存在着一定程度的相关，胸围越大，其体重也可能越大。

1870 年，高尔登在研究人类身高的遗传时发现高个子父母的子女，其身高有低于他们父母身高的趋势；相反，矮个子父母的子女，其身高却往往有高于他们父母身高的趋势，从人口全局来看，高个子的人“回归”于一般人身高的期望值，而矮个子的人则作相反的“回归”。这是统计学上“回归”的最初含义。1886 年，高尔登在论文《在遗传的身高中向中等身高的回归》中，正式提出了“回归”概念。回归 (regression) 是指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，引起另一个变量的相应变化，它们的关系可以从量的方面加以估算，这就是回归分析。

变量之间的关系可以是线性的，也可以是非线性的；可以是一元的，也可以是多元的。所谓多元相关与回归是指多个变量对某一个变量的影响，这在研究一些复杂的问题时很有用处。例如猪的瘦肉率受很多因素影响，为了估测瘦肉率，可以利用多因素间的相关关系来建立多元回归方程式，从而估计出某一头猪的瘦肉率。

四、试验设计

自 1923 年起，费雪 (R. A. Fisher, 1890—1962) 陆续发表了关于在农业试验中控制试验误差的论文。1925 年他提出随机区组法和拉丁方法，到 1926 年费雪发表了试验设计方法的梗概，这些方法在 1935 年进一步得到完善，并首先在卢桑姆斯坦德农业试验站中得到检

验与应用,后来又被他的学生推广到许多其他科学领域。

费雪在创建试验设计理论的过程中,提出了十分重要的“随机化”原则。他认为这是保证取得无偏估计的有效措施,也是进行可靠的显著性检验的必要基础。所以,他把随机化原则放在极其重要的地位,“要扫除可能扰乱资料的无数原因,除了随机化方法外,别无他法”。1938年,他和耶特斯合作编制了有名的 Fisher Yates 随机数字表。利用随机数字表保证总体中每一元素有同等被抽取的机会。这样,费雪就把随机化原则以最明确、最具体化的形式引入统计工作与统计研究中。

费雪在统计发展史上的地位是显赫的。这位多产作家的研究成果特别适用于农业与生物学领域,但它的影响已经渗透到一切应用统计学,由此所提炼出来的推断统计学已越来越被广大领域所接受。因此,美国统计学家约翰逊(P. O. Johnson)于1959年出版的《现代统计方法:描述和推断》一书中指出:“从1920年起一直到今天的这段时期,称为统计学的费雪时代是恰当的”。方差分析是对多个平均数进行比较的一种统计检验方法,它的基本特点是把试验的总变异分割为各个不同变异来源的变量,然后把处理均方与误差均方进行比较计算 F 值,使处理的真实效应显示出来。

本书第十章重点讨论畜牧兽医试验设计原则、方法和要求,以及试验计划和方案的拟订,还分别介绍了一些常用的试验设计方法,如完全随机设计、配对设计、随机单位组设计、拉丁方设计、交叉设计、调查设计。

第三节 生物统计与试验设计常用术语

一、总体与样本

总体(population)是指根据研究目的确定的、符合指定条件的研究对象的全体。它是由相同性质的(个体)成员所构成的集合。构成总体中的个体是有限的称为有限总体,构成总体中的个体是无限的称为无限总体。总体所含个体(单元)的多少称为总体容量,以 N 表示。例如研究北京白鸡的产蛋量,凡是按饲养管理手册饲养的各地的北京白鸡个体的产蛋量构成一个总体。可见,总体是由相对同质的个体(单元)构成的。

样本(sample)是指从总体中抽取一定数量的个体所组成的集合。样本所含个体(单元)的多少称为样本容量,以 n 表示。通常以样本容量 30 为界, $n > 30$ 的称为大样本, $n < 30$ 的称为小样本。生物统计要求由总体抽取一部分个体应遵循“随机抽样”的原则,随机就是总体中的所有个体均有同等机会被抽到。随机抽到的那部分个体就称为随机样本,这个抽样过程称为随机抽样。

二、参数与统计量

参数(parameter)是指由总体计算的用来描述总体的特征性数值。它是一个真值,通常用希腊字母表示,如总体平均数以 μ 表示,总体标准差以 σ 表示。

统计量(statistics)是指由样本计算的用来描述样本的特征性数值。它受抽样波动的影响,是总体参数的估计值,常以英文字母表示,如样本平均数为 $\bar{x}$,样本标准差为 S 。

三、误差与错误

误差(error)是指试验中由无法控制的非试验因素所引起的差异。它是不可避免的,