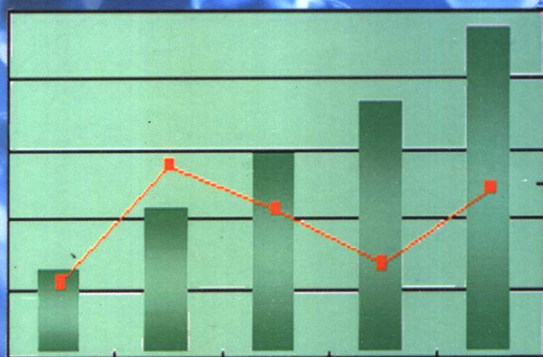


全国高等农林院校“十一五”规划教材  
高等农林院校生命科学类系列教材

# 生物统计学

郭平毅 主编



中国林业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材  
高等农林院校生命科学类系列教材

# 生 物 统 计 学

郭平毅 主编

杨锦忠 陈茂学 副主编

中国林业出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

生物统计学/郭平毅主编. —北京: 中国林业出版社, 2006. 8  
(全国高等农林院校“十一五”规划教材, 高等农林院校生命科学类系列教材)  
ISBN 7-5038-4521-X

I. 生… II. 郭… III. 生物统计-高等学校-教材 IV. Q-332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 085396 号

**出版** 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

**E-mail** forestbook@163.com **电话** 010-66162880

**网址** www.cfph.com.cn

**发行** 中国林业出版社

**印刷** 北京林业大学印刷厂

**版次** 2006年8月第1版

**印次** 2006年8月第1次

**开本** 787mm×1092mm 1/16

**印张** 16

**字数** 358千字

**印数** 1~5 000册

**定价** 25.00元

## 出版说明

进入 21 世纪以来, 生命科学日新月异, 向人们展现出了丰富多彩的生命世界及诱人的发展前景, 生命科学已成为高等院校各相关专业关注的焦点, 包括理科、工科和文科在内的各个学科相继酝酿、开设了与生命科学相关的课程。为贯彻和落实教育部“十一五”规划高等学校课程体系改革的精神, 满足农林院校中生物专业和非生物专业教学的需要, 中国林业出版社与北京林业大学、福建农林大学、山西农业大学、河北农业大学、浙江林学院等院校共同组织了各院校相关学科的资深教师编写了这套适合于高等农林院校使用的生命科学类系列教材, 并希望成为一套内容全面、语言精炼的生命科学的基础教材。

本系列教材系统介绍了现代生命科学的基本概念、原理、重要的科学分支及其研究新进展以及研究技术与方法。我们期望这套系列教材不仅可以使农林院校的学生了解生命科学的基础知识和研究的新进展, 激发学生们对生命科学研究的兴趣, 而且可以引导他们从各自的研究领域出发, 对各种生命现象从不同的角度进行深入的思考和研究, 以实现各领域的合作, 推动学科间的协同发展。

近几年来, 各有关农林院校的一大批长期从事生物学、生态学、遗传学以及分子生物学等领域的教学和科研工作的留学归国人员及骨干教师, 他们在出色完成繁重的教学和科研任务的同时, 均亲自参与了本系列教材的编撰工作, 为系列教材的编著出版付出了大量的心血。各有关农林院校的党政领导和教务处领导对本系列教材的组织编撰都给予了极大的支持和关注。在此谨对他们表示衷心的感谢。

生命科学的分支学科层出不穷, 生命科学领域内容浩瀚、日新月异, 且由于我们的知识构成和水平的限制, 书中不足之处在所难免, 恳请广大读者和同行批评指正。

高等农林院校生命科学类系列教材  
编写指导委员会  
2006年5月18日

# 前 言

生物统计学是运用数理统计的原理与方法,收集、整理、分析、展示数据,解释生物学现象,探索其内在规律的科学。生物科学的研究对象、研究材料和研究条件复杂多变,研究周期长,影响因素多,从而使数据带有很强的不确定性。因此,以概率论为基础的数理统计方法就成为生物科技工作者必不可少的工具。然而,生物科技工作者很少有时间去掌握抽象复杂的数学知识,但却希望充分了解统计学的基本原理,从而能够正确地设计试验和从试验结果得出合理结论。本书就是为满足这些要求而写的,它是我们十几年来从事生物统计学教学讲义的基础上加工而成的,是本课程教学研究的积累与总结。

本书的内容涵盖了生物统计学原理在生物科学试验和生物调查研究中的一般指导作用和各种技术的具体使用方法,以及从试验设计到试验实施过程乃至统计分析、结果解释等各个应用环节上应注意的一些问题。本书共十五章,第一章绪论,第二章试验设计概述重点讨论了生物试验设计的一般原理,第三章至第七章系统介绍了数据整理、概率论基础、统计推断、方差分析、平均数比较等基本原理,第八章至第十一章分别讨论了四种基本试验设计及其应用。第十二章至第十三章专门介绍相关与回归技术。第十四章详细介绍了在试验报告与结果展示中常用的统计表格与图形的制作原则与方法。最后一章将 MS EXCEL 在生物统计学中的应用以实习指导的形式加以介绍,以提高生物统计学这一工具在学习和工作中的使用效率。

一切从读者角度出发,力争深入浅出地叙述原理与方法,并保持系统性与实用性。在内容上,许多数学定理不给证明,只简单地引用,不过,仍力求做到数学上的严谨,避免过于简单化的危险。特别强调了平均数的比较问题和区间估计问题,所选例题从试验者角度展开讨论,尽量选用最适宜的统计方法,避免了仅从数学角度讨论脱离实际的弊端。将深奥的数学假定与约束转换为通俗易懂的应用条件和注意事项进行表述。虽然因篇幅有限,无法容纳所有的生物统计学原理与方法,但本书是开放式的,为读者进一步扩充自己的生物统计学知识提供了导航。

本书由郭平毅任主编,杨锦忠和陈茂学任副主编。郭平毅编写第2章和第5章,杨锦忠编写第1章和第14章,陈茂学编写第7章和第12章,吴良欢编写第13章,黄亚群编写第6章,张雅文编写第3章和第4章,王奇编写第8章,宋喜娥编写第9章和第15章,李六林编写第11章,贾俊香编写第10章。杨锦忠利用统计软件生成并编制了附表中绝大多数的统计用表。

在编写过程中,参考了许多生物统计学书籍和教材,特别是在例题与习题的选配方面,吸取了它们中的不少材料,谨在此致谢。由于我们水平有限,加上时间仓促,书中的缺点、错误一定不少,欢迎读者批评指正。

郭平毅

2006年2月于山西农业大学

# 目 录

<b>第一章 绪 论</b> .....	(1)
一、生物统计学的发展 .....	(1)
二、生物统计学在科学实践中的地位 .....	(3)
三、生物统计学的功能 .....	(4)
四、生物统计学的学习方法与要求 .....	(6)
练习题 .....	(6)
<b>第二章 试验设计概述</b> .....	(7)
第一节 概 述 .....	(7)
第二节 试验计划和试验方案的拟订 .....	(10)
第三节 试验误差及其控制 .....	(13)
第四节 试验的评价 .....	(15)
第五节 试验设计的基本原则 .....	(16)
小 结 .....	(19)
练习题 .....	(19)
<b>第三章 统计描述</b> .....	(20)
第一节 概 述 .....	(20)
第二节 平均数 .....	(22)
第三节 变异数 .....	(26)
第四节 偏度与峰度 .....	(30)
第五节 次数分布 .....	(31)
小 结 .....	(34)
练习题 .....	(35)
<b>第四章 总体与样本的关系</b> .....	(36)
第一节 概 述 .....	(36)
第二节 二项总体与二项分布 .....	(38)
第三节 正态分布与中心极限定理 .....	(40)
第四节 $t$ 分布 .....	(45)
第五节 卡平方分布 .....	(46)
第六节 $F$ 分布 .....	(47)

小结.....	(49)
练习题.....	(49)
<b>第五章 统计推断 .....</b>	<b>(51)</b>
第一节 概 述 .....	(51)
第二节 统计假设检验的步骤 .....	(54)
第三节 平均数的假设检验 .....	(56)
第四节 参数的区间估计 .....	(60)
第五节 方差的统计推断 .....	(62)
小 结.....	(65)
练习题.....	(66)
<b>第六章 非参数假设检验 .....</b>	<b>(68)</b>
第一节 概 述 .....	(68)
第二节 符号检验 .....	(68)
第三节 秩和检验 .....	(71)
第四节 适合性检验 .....	(76)
第五节 独立性检验 .....	(78)
小 结.....	(84)
练习题.....	(85)
<b>第七章 方差分析与平均数比较基础 .....</b>	<b>(87)</b>
第一节 概 述 .....	(87)
第二节 方差分析的基本原理 .....	(88)
第三节 线性模型、期望均方与效应模型 .....	(92)
第四节 处理平均数间的多重比较 .....	(96)
第五节 处理平均数间的单一自由度比较 .....	(100)
第六节 数据转换 .....	(104)
小 结 .....	(107)
练习题 .....	(107)
<b>第八章 完全随机设计与分析 .....</b>	<b>(110)</b>
第一节 概 述.....	(110)
第二节 试验设计 .....	(110)
第三节 单因素试验结果的分析 .....	(111)
第四节 二因素试验结果的分析 .....	(115)

小结 .....	(119)
练习题 .....	(119)
<b>第九章 随机区组设计与分析 .....</b>	<b>(121)</b>
第一节 概 述 .....	(121)
第二节 试验设计 .....	(121)
第三节 单因素试验结果的分析 .....	(124)
小 结 .....	(127)
练习题 .....	(128)
<b>第十章 拉丁方设计与分析 .....</b>	<b>(130)</b>
第一节 概 述 .....	(130)
第二节 试验设计 .....	(133)
第三节 单因素试验结果的分析 .....	(134)
小 结 .....	(137)
练习题 .....	(138)
<b>第十一章 巢式设计与分析 .....</b>	<b>(140)</b>
第一节 概 述 .....	(140)
第二节 试验设计 .....	(140)
第三节 试验结果的分析 .....	(140)
小 结 .....	(148)
练习题 .....	(148)
<b>第十二章 直线相关与回归 .....</b>	<b>(150)</b>
第一节 概 述 .....	(150)
第二节 直线相关 .....	(151)
第三节 直线回归 .....	(157)
第四节 有关应用问题讨论 .....	(163)
小 结 .....	(166)
练习题 .....	(166)
<b>第十三章 多元回归与相关 .....</b>	<b>(168)</b>
第一节 概 述 .....	(168)
第二节 多元线性回归方程的建立 .....	(169)
第三节 多元线性回归的统计推断 .....	(171)



第四节 多项式回归 .....	(176)
第五节 多元相关 .....	(177)
小结 .....	(180)
练习题 .....	(181)
<b>第十四章 统计图表的编制 .....</b>	<b>(182)</b>
第一节 概述 .....	(182)
第二节 单因素试验的图表编制 .....	(185)
第三节 多因素试验的图表编制 .....	(192)
第四节 节系列数据的图表编制 .....	(201)
小结 .....	(205)
练习题 .....	(206)
<b>第十五章 EXCEL 应用——实习指导 .....</b>	<b>(207)</b>
第一节 概述 .....	(207)
第二节 EXCEL 基本操作 .....	(207)
第三节 统计数的计算 .....	(210)
第四节 两个处理比较的 T 检验 .....	(213)
第五节 试验设计 .....	(214)
第六节 完全随机设计的分析 .....	(215)
第七节 随机完全区组设计的分析 .....	(216)
第八节 简单相关与回归分析 .....	(217)
第九节 多元相关与回归分析 .....	(220)
第十节 卡平方检验 .....	(222)
第十一节 统计图表的编制 .....	(223)
小结 .....	(224)
<b>附表：常用统计用表 .....</b>	<b>(225)</b>
附表 1 正态分布数值表( $f(z) = P\{Z(z)\}$ ) .....	(225)
附表 2 $t$ 分布双侧临界值表( $P\{ t  > t_\alpha\} = \alpha$ ) .....	(226)
附表 3 $\chi^2$ 分布上侧临界值表( $P\{\chi^2 > \chi^2_\alpha\} = \alpha$ ) .....	(227)
附表 4a $F$ 分布上侧临界值表( $P\{F > F_{0.05}\} = 0.05$ ) .....	(228)
附表 4b $F$ 分布上侧临界值表( $P\{F > F_{0.01}\} = 0.01$ ) .....	(229)
附表 5 相关系数的临界值表( $P\{ R  > R_\alpha\} = \alpha$ ) .....	(230)
附表 6a Tukey 检验 $q$ 上侧临界值表( $\alpha = 0.05$ ) .....	(232)

附表 6b	Tukey 检验 $q$ 上侧临界值表( $\alpha=0.01$ )	(233)
附表 7a	Dunnett 临界值表(双尾, $\alpha=0.05$ )	(234)
附表 7b	Dunnett 临界值表(双尾, $\alpha=0.01$ )	(235)
附表 8	正交多项式表( $n=3\sim 9$ )	(236)
附表 9	符号检验表 $P\{S \leq S_\alpha\} = \alpha$ (双尾概率)	(237)
附表 10	秩和检验表 [ $P\{T_1 < T < T_2\} = 1 - \alpha$ (单尾概率)]	(238)
附表 11	配对比较的秩和检验 $T$ 界值表	(239)
<b>参考文献</b>		<b>(240)</b>

# 第一章

## 绪论

### 一、生物统计学的发展

#### 1. 生物统计学的概念

生物统计学是运用数理统计的原理和方法研究生物现象的数量特征及其变异规律的一门学科，而数理统计则是以随机现象的数量特征和分布规律为研究对象的一种数学方法。生物统计学既是应用数学的分支，也是数量生物学的分支。了解和应用生物统计学方法有助于透过环境条件及其他偶然因素所掩盖的表面现象，揭示生物现象本身所固有的规律。因此，对于一般生物科学试验和调查计划的制订、所取得数据的整理和分析及其结果展示而言，生物统计方法都是一种必不可少有效工具。

#### 2. 发展简史

生物统计学是数理统计学应用最早的领域之一，并为数理统计学的形成与发展做出了重要贡献。以概率论为基础的数理统计学的研究始于16世纪，17世纪中叶帕斯卡(B. Pascal, 1623 ~ 1662)和费马(P. Fermat, 1601 ~ 1665)创始概率论，18世纪到19世纪初拉普拉斯(M. Laplace, 1749 ~ 1827)和高斯(K. Gauss, 1777 ~ 1855)各自独立地导出了正态曲线，Gauss还创立了最小二乘法，并被广泛地应用于生物学。英国优生学派创始人高尔顿(F. Galton, 1822 ~ 1911)和他的继承人皮尔森(K. Pearson, 1857 ~ 1936)在遗传学研究中发展了相关与回归的概念，K. Pearson还发展了著名的 $\chi^2$ 检验法，并创始了BIOMETRIKA杂志，使数理统计学的研究与发展进入到一个新的阶段。在K. Pearson致力于研究大样本的时候，他在酿酒厂工作的学生哥塞特(W. Gosset, 1876 ~ 1937)在小样本研究中导出了著名的“student-t”分布，今天，Student-t已成为数理统计学家以及试验工作者的一种基本工具，应用非常广泛。进入20世纪后数理统计学得到了蓬勃发展，著名的英国农业生物学家费舍尔(R. A. Fisher, 1890 ~ 1962)对数理统计学的发展做出了巨大贡献并为在农业科学、生物学和遗传学中的应用发挥了很大作用，他的主要贡献有：①参数估计方面。他提出了著名的“极大似然估计法”，这是应用最广的一种估计方法，他在20年代的工作，奠定了参数估计的理论基础；②试验设计与方差分析。试验设计的三大原则就是费舍尔和他的合作者叶茨(F. Yates)所开创的。他们还发展了分析这种试验数据的统计方法——方差分析法；③多元分析和相关回归。费舍尔系统地研究了正态分布样本的一些重要统计量的抽样分布，这些都是多元分析、相关回归等分支的奠基性工作；④其他。费舍尔在假设检验和一般统计思想方面，也都做出过重要贡献，包括他提出的一种新的统计推断思想——信任推断法。

在这一时期做出重要贡献的统计学家还有奈曼(J. Neyman, 1894 ~ 1981)和小皮尔森(E. S. Pearson, 1895 ~ 1980), 在1936年和1938年他们联合发展了假设检验的系统理论。1946年瑞典统计学家克拉美(H. Cramer)出版了第一部严谨而较系统的数理统计著作《统计学数学方法》, 标志着数理统计学已成为一门成熟的学科。

在我国, 现代统计学的研究起步较晚。在数理统计方面做出贡献的有著名统计学家许宝騄教授以及王寿仁、张里千、成平、张尧庭、刘璋温、陈希孺、方开泰、王松桂等, 他们在多元分析和线性模型的统计推断以及非参数估计、参数估计和试验设计等方面做出了重要贡献。在生物统计方面, 著名生物统计学家、植物育种学家王绶教授(1876 ~ 1972)于20世纪30年代首次将生物统计学引进我国, 他撰写的《实用生物统计法》是我国最早出版的生物统计专著之一, 之后南京中央农业试验厅邀请美国专家H. H. Love来我国讲学, 讲授了Statistical Methods in Agricultural Research, 这本讲义后来由沈骊英翻译为《农业研究统计方法》, 对我国农业研究影响较大, 40年代赵仁镕和余松烈教授合著《生物统计之理论与实际》, 范福仁教授出版了《田间试验技术》, 还翻译了C. H. Goulden著的生物统计学, 对推动我国农业生物统计和田间试验方法的应用均产生很大影响。抗日战争胜利后, 应台湾省农业试验厅厅长汤文通教授的邀请, 余松烈和赵伦彝教授赴台举办生物统计训练班, 推动了生物统计在台湾省的应用与发展。

解放初期, 由于生物统计的理论和方法与当时推行的苏联米丘林遗传学相悖使这门学科的研究、应用与发展受到很大影响, 直到20世纪60年代初, 随着农业科学研究的需要, 才又重新被重视并得以迅速发展。在农业部领导下, 于1977年着手组织编写了《田间试验与统计方法》教学大纲, 并由南京农业大学著名统计遗传学家马育华教授主编了《田间试验与统计方法》全国统编教材, 反映了当时我国农业生物统计的水平。20世纪80年代初, 我国数学家方开泰(1940 ~ )创立了均匀设计, 并在工农业研究中应用。

近几年国际统计界研究的主要成果可以概括为两方面: 一是基本理论的研究。主要成就有: 概率极限理论及其在统计中的应用、树形概率、Banach空间概率、随机PDE'S、泊松逼近、随机网络、马尔科夫过程及场论、马尔科夫收敛率、布朗运动与偏微分方程、空间分支总体的极限、大的偏差与随机中数、序贯分析和时序分析中的交叉界限问题、马尔科夫过程与狄利克雷表的一一对应关系、函数估计中的中心极限定理、极限定理的稳定性问题、因果关系与统计推断、预测推断、网络推断、M-估计量与最大似然估计、参数模型中的精确逼近、非参数估计中的自适应方法、多元分析中的新内容、时间序列理论与应用、非线性时间序列、时间序列中确定模型与随机模型比较、极值统计、贝叶斯计算、变点分析、对随机PDE'S的估计、测度值的处理、函数数据统计分析等。二是应用研究。主要成就有: 社会发展与评价、可持续发展与环境保护、资源保护与利用、电子商务、保险精算、金融业数据库建设与风险管理、宏观经济监测与预测、政府统计数据收集与质量保证等、分子生物学中的统计方法、高科技农业研究中的统计方法、生物制药技术中的统计方法、流行病规律研究与探索的统

计方法、人类染色体工程研究中的统计方法、质量与可靠性工程等。

## 二、生物统计学在科学实践中的地位

### 1. 生物试验的任务

生物试验是为了提高生产力而进行的一种自觉的、有计划的科研实践。生物试验的任务，首先在于解决生产中需要解决的问题。例如，某地区水稻白叶枯病流行，为了解决这个问题，就需要进行多方面的试验，如：①对各种防治病害措施做出鉴定，供生产上利用。②征集抗病的水稻品种，通过比较试验，供生产上择优选用。③以抗病品种为亲本进行杂交，通过育种试验，选出抗病高产的优良基因型，以取代生产上的感病品种等。同样，为了制订某作物的科学管理规程或某家畜的饲料配方，以充分发挥品种的增产潜力，就需要进行一系列的栽培试验或饲养试验。

生物试验通常是在易于控制的较小的空间中进行。因而，它有可能最大限度地排除各种非研究因素的干扰，将需要研究的问题充分地突出起来；同时，它又可以向各个方面试探解决问题的最佳方案，而不致造成大的损失。所以，生物试验能够较有效率地解决生产中存在的一些问题。由于生产有着较强的地区性，而生产水平又是在不断发展的，会不断出现新的情况和问题，故这类直接为生产服务的试验，在各个农区都是面广量大的。

生物试验也是解决生物科学提出问题的有效手段。这是由于生物试验并不完全依赖于生产。它可以通过控制或改变某些条件，提供生产中不能或不易自然发生的新条件，以造成新的科学观念或科学假定；也可以根据一定的科学观念或科学假定，设计出相应的试验，来检验这些观念或假定的正确性。例如，已成为动植物育种重要基础的分离定律、自由组合定律和连锁交换定律，就是通过控制条件下的生物杂交试验而得出科学观念，又被从这种观念出发而进行的大量再试验所证实的。所以，从根本上说，生物科学的发展要以生产的发展为基础，这是毋庸置疑的。但是，要使生物科学走在生产的前头，却又非侧重于生物试验不可，这也是毫无疑问的。

从生物试验和农业生产的关系来说，生物试验通常都可看作是农业生产的先行和准备。“先行”体现了生物试验的探索性和先进性，“准备”则体现了生物试验的目的性。为了迅速发展我国的农业生产和农业科学，必须大力加强生物试验研究工作。

### 2. 生物统计学的地位

在生物科学研究中，经常要遇到许多数量方面的问题。图 1-1 表示统计学在科学研究中涉及数据收集与分析的各个侧面都发挥着重要作用，贯穿最初提出问题直到最后得出结论的始终。此图区分了两种类型的研究：试验性的和调查性的。在试验性的研究中，各种因素经常受到控制并且固定在事先设定的水平上，在试验的每轮实施中保持不变。在调查性的研究中，有许多因素无法控制，但是，却可以对它们进行记录与分析。本书将侧重于试验性的研究，当然，书中介

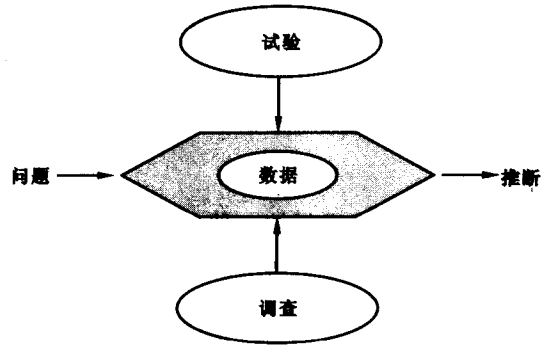


图 1-1 科学研究中统计学的关键作用环节

绍的许多分析方法也同样适用于调查性的研究。

上述两类研究中的关键环节就是数据。所有数据在收集过程中受到各种各样偶然因素的干扰，难免产生变异。这种变异可能产生于基因型之间固有的差异，或者是环境条件变化引起的随机差异，或者是测量仪器读数中的测量误差，或者是许多其他已知及未知因素影响的结果。

利用统计学方法进行试验设计，能够有效消除已知来源的偏差，控制未知来源的偏差，确保试验能够提供目标对象有关性状的精确数据，防止采用不经济的设计造成不必要地浪费试验资源。同样地，利用统计学方法进行试验数据分析，能够简要展示试验结果，获得关于生物学现象的推断性结论。下节将进一步介绍统计学在生物学试验过程中的功能。

### 三、生物统计学的功能

#### 1. 生物统计学的内容

生物统计学的内容包括试验设计和统计分析。试验设计是指应用数理统计的原理与方法，制订试验方案，选择试验材料，合理分组，降低试验误差，使我们可以利用较少的人力、物力和时间，获得多而可靠的数据资料。

统计分析是指应用数理统计的原理与方法对数据资料进行分析与推断，认识客观事物的本质和规律性，使人们对所研究的资料做出合理的结论。这是生物统计的又一重要任务。由于事物都是相互联系的，统计不能孤立地研究各种现象，而必须通过一定数量的观察，从这些观察结果中研究事物间的相互关系，揭示出事物客观存在的规律性。

统计分析与试验设计是不可分割的两部分。试验设计须以统计分析的原理和方法为基础，而正确设计的试验又为统计分析提供了丰富可靠的信息，两者紧密结合推断出合理的结论，不断地推动应用生物科学研究的发展。

#### 2. 生物统计学的功能

现代生物统计学已在科学研究和生产中得到极为广泛的应用。其基本功能有：

(1) 为科学地整理分析数据提供方法。我们做任何工作，都必须掌握基本情

况，做到胸中有数，才能有的放矢，从而提高工作质量。进行应用生物研究也不例外，都必须有计划地收集资料并进行合理的统计分析，通过调查所得的数据，经过加工整理，从中归纳出事物的内在规律性，用以指导生产。例如，调查某水稻品种穗粒数，可以得到不同个体穗粒数的大量原始数据，从这些杂乱的数据是难以看出什么的。若运用生物统计方法对这些数据进行加工整理，使之条理化，即可大体了解该水稻品种的穗粒数一般情况及其变异特征，得到有用的信息。

(2)判断试验结果的可靠性。由于存在试验误差，从试验所得的数据资料必须借助于统计分析方法才能获得可靠的结论。例如，某农场要研究两种饲料对肉用仔鸡增重及饲料利用率的影响。选择同品种及体重接近的500只肉用雏鸡，半数饲以甲种饲料，半数饲以乙种饲料，8周龄后称其体重并结算饲料消耗，分析比较这些资料，从中得出结论。这就要运用统计分析方法，以决定两群鸡体重及饲料消耗的差异，究竟属于本质原因造成的，抑或属于机遇造成的，即判断是由于不同饲料造成，还是由于其他未经控制的偶然因素所引起。分析之后才能做出比较正确的结论。

(3)确定事物之间的相互关系。科学试验的目的，不仅是研究事物的特征、特性，同时还要研究事物间相互关系的联系形式。例如，测定某群奶牛第一胎的产乳量和以后几胎的产乳量之间的相关关系，就可以根据第一胎产乳量的高低来推断一生的产乳量，这样，就为早期选择和淘汰低产乳牛提供科学预见。这种研究事物之间的联系形式以及相关程度的方法是生物统计的一个重要部分。

(4)提供试验设计的原则和方法。做任何调查或试验工作，事先必须有周密的计划和合理的试验设计，它是决定科研工作成败的一个重要环节。一个好的试验设计，可以用较少的人力、物力和时间，最大限度获得丰富而可靠的资料，尽量降低试验误差，从试验所得的数据中能够无偏地估计处理效应和试验误差的估计值，以便从中得出正确的结论。相反，设计不周，不仅不能得到正确的试验结果，而且还会带来经济上的损失。

(5)为学习其他课程提供基础。我们要学好遗传学、育种学等学科，也必须学好生物统计学。比如，数量遗传学就是应用生物统计方法研究数量性状遗传与变异规律的一门学科，如果不懂生物统计学，也就无法掌握遗传学。此外，阅读中外科技文献也常常会碰到统计分析的问题，也必须有生物统计的基础知识。因此，生物科学工作者都必须学习和掌握统计方法，才能正确认识客观事物存在的规律性，提高工作质量。

生物统计学在生物科学研究中虽然有着重要的作用，但却不是万能的。因为生物科学中很多现象受物理学、化学、生物学规律的支配。所以，生物科学研究工作，应该在生物学相关专业理论的指导下进行。

总之，生物统计学是一种很有用的工具，正确使用这一工具可以使科学研究更加有效，使生产效益更高，所以，它是每位从事生物科学工作者所必须掌握的基础知识。

#### 四、生物统计学的学习方法与要求

生物统计是数学与生物学相结合的一门交叉学科，所包含的公式很多，我们在学习中，首先，要弄懂统计的基本原理和基本公式。要理解每一公式的含义和应用条件，可以不必深究其数学推导。其次，要认真地做好习题作业，加深对公式及统计步骤的理解，达到能熟练地应用统计方法。第三，应注意培养科学的统计思维方法。生物统计意味着一种新的思考方法——从不确定性或概率的角度来思考问题和分析科学试验的结果。第四，必须联系实际，结合专业，了解统计方法的实际应用；平日要留意书籍和杂志中的表格、数据及其分析和解释，以熟悉表达方法及应用。

#### 练 习 题

1. 生物统计学的基本内容是什么？各部分之间的关系如何？
2. 生物统计学的功能有哪些？
3. 试从基础型生物科学研究的过程看生物统计学在科学实践中的地位。
4. 试从应用基础型生物科学研究的过程看生物统计学在科学实践中的地位。
5. 试从应用型生物科学研究的过程看生物统计学在科学实践中的地位。



## 第二章

# 试验设计概述

### 第一节 概述

试验设计是生物统计学的一个分支，是进行科学研究的重要工具。它是指整个试验研究课题的设计，主要包括课题的确定、试验方案的拟订、试验材料的选择与分组以及试验资料的收集整理和试验结果的统计分析方法的选择等。由于它与生产实践和科学研究紧密结合，在理论和方法上不断丰富和发展，因而广泛地应用于各个领域。本章将学习试验设计的基本要素、试验计划和试验方案的拟定、试验误差的控制、试验的评价和试验设计的基本原则等内容。

#### 一、试验指标

试验观察中用来反映研究对象(处理)特征的标志就是试验指标，或者把它叫做观察项目。它是一种判断依据，例如，可以把株高作为判断灌水是否促进植物生长的依据，株高就是反映灌水作用的指标。试验观察指标要选得准。因为它关系到试验结果能否回答所研究的问题。例如，对几个甘薯品种作比较的试验来说，用鲜重作为产量指标就不很妥当，因为不同的品种含水量会不同，如果采用干物重或切干率作指标，就较合适。生物体有多种性状和特征，为了要从多方面说明问题，观察指标不应该只选一个就满足，但也不宜选得太多。究竟应当选哪些指标？这要从它对回答所研究的问题有无用处来考虑，即所谓实用性。例如株高和植株干重可以作为表达植物生长的指标，但是在研究作物品种的抗虫性上，可以认为这两个指标毫无用处，而幼苗有无茸毛则是研究品种抗虫性的十分有用的指标。

从观察对象(性状或特征)的性质上说，指标可分为定性指标和定量指标两类。前者显示观察对象的属性，即质的规定，如施药后个体反映出有效与无效，受害与未受害，死亡与存活等，后者则显示观察对象的量，即量的规定，如产量、株高、茎粗、土壤容量、含水量等。

从定性指标观察所获得的资料叫定性资料；从定量指标观察所获得的资料叫定量资料。定性资料大都是以观察对象中出现或不出现某一属性的概率或比例来表达的。它没有计量单位，因为属性一般不能度量，只能一个一个地计数。例如对一些植株清点出有病的有多少株，无病的又有多少株，然后计算出有病株的株数占观察的所有株数的百分比。定性资料通过数出出现某一属性的个体数而取