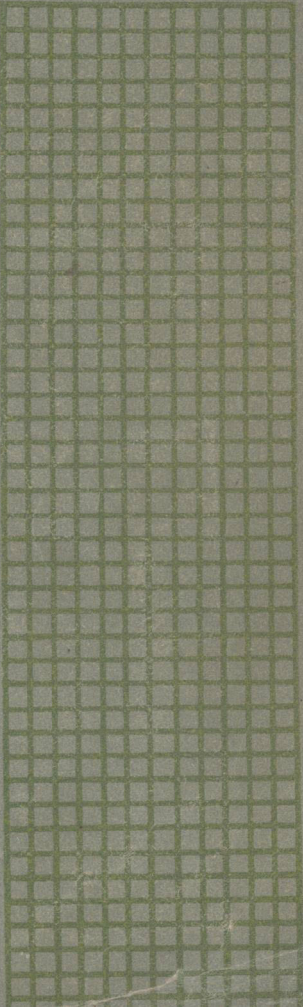


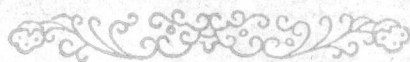
# 生物统计学



范福仁 著

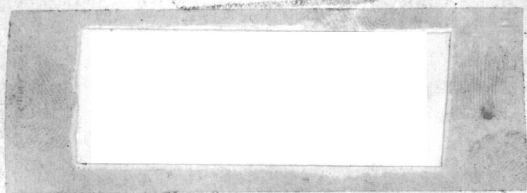
江苏人民出版社

# 生物统计学



范福仁著

江苏人民出版社



## · 內 容 提 要 ·

本书共分十一章：第一章主要闡明生物統計学的意义、功用及研习方法。第二章討論代表值及变异度量的一般方法及其意义。第三章論述概率在統計中的应用及三个重要理論分布(正态分布、二項分布及波松分布)。第四章說明統計方法中常用的显著性檢驗的原理和方法。第五章闡述一般試驗常用的方差分析的原理和方法。第六章至第十章論述二个或二个以上变数的統計分析方法，其中包括迴归、相关、淨迴归、复迴归、淨相关、复相关、互变差分析及曲綫迴归。第十一章討論計数資料的  $\chi^2$ (卡平方)分析方法。

## 生 物 統 計 学

范福仁著

\*

江苏省书刊出版业营业许可証出〇〇一号

江苏人民出版社出版

南京湖南路十三号

江苏省新华书店发行 江苏新华印刷厂印刷

\*

开本 850×1168 耗 1/32 印张 16 1/8 插 1 字数 366,000

一九六六年一月第一版

一九六六年一月南京第一次印刷

印数 1—3,000

## 序

在生物科学领域内，有许多“量”的问题，须进行量的关系的研究，才能获得这类事物规律性的知识。农业调查和生物科学实验提供了大量数据，在千差万异的数字中，只有通过统计分析，才能透过偶然现象，把握住事物的本质及其规律性。生物统计是应用于生物现象的统计方法，它是应用数学逻辑来解释生物界数量资料的一门学科。在生物科学及农业各个方面的调查和实验，都须用生物统计学作为研究的工具。

生物统计与田间试验有着极其密切的关系。试验的设计及试验结果的分析与解释，都需要统计的知识，这是试验依靠生物统计的方面；反过来，试验方法的发展又促进了统计理论与方法的前进，这是田间试验影响生物统计的方面。由于生物统计与田间试验有着这样密切的关系，所以在一般的生物统计学书籍中，往往兼述生物统计理论和方法及田间试验的设计和分析。作者于1962年曾写“田间试验技术”一书（江苏人民出版社，1964年，第三次印刷），论述了田间试验设计和分析以及取样方法及统计分析，为了节省篇幅，关于这些部分，本书不再论述，以免重复。

对于统计的基本公式，一般均加以推导与解释，希望能在明了公式意义的基础上活用统计方法。重要的统计分析均用示例说明，以便领会后推广应用。有些理论，如平均数分布、平均数差异分布、显著性检验、 $t$ 分布、 $F$ 分布、 $r$ 分布及 $\chi^2$ （卡平方）分布等，单用公式来表达与说明，就比较玄虚，所以通过实验的方法来阐明，

希望做到显明易解。本书每章分为若干节，用一、二、三等表示；每节又分为若干分节，用1、2、3等表示。有些分节比较不重要或者较为繁复，可以省读（见467页），省掉以后，前后仍可贯通；或者在读完全书其他部分后，再行阅读。

统计公式中所用的符号，必须了解其代表的东西。在没有熟悉以前，可随时查索引中以拉丁字母及希腊字母为首的部分，以便查阅正文。每章尾末均有提要，以便复习；自第二章至第十一章每章均附有习题，以期通过练习来掌握统计方法。

由于作者水平的限制，本书定有不少缺点与错误，所以殷切地期望读者随时加以指正与批评，以利日后的修订。

范福仁

于扬州苏北农学院，1965年2月2日

# 目 录

序 .....	I
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
一、生物统计的功用 .....	1
二、生物统计学在研究工作中的地位 .....	2
三、全群和样本 .....	4
四、研习生物统计的方法 .....	5
五、提要 .....	5
<b>第二章 統計数及頻数分布 .....</b>	<b>7</b>
一、表示数量的方式 .....	7
二、算术平均数 .....	8
1. 算术平均数的意义 .....	8
2. 平均数的重要特性 .....	9
3. 計算平均数的簡捷法 .....	10
三、标准差 .....	12
1. 标准差的意义 .....	12
2. 用自由度估計方差 .....	13
3. 自由度的意义 .....	17
4. 标准差的計算 .....	18
5. 計算平方和的簡捷法 .....	19

四、频数表的构制	22
1. 构制频数表的需要	22
2. 构制频数表的方法	22
五、频数表的图示	25
1. 图示的型式	25
2. 图示的方法	26
六、由频数表计算平均数和标准差	28
1. 由频数表计算平均数和标准差的簡捷法	28
2. 校对平均数及标准差的計算	33
3. 矫正由分組引起的偏差	34
七、变异系数	37
八、其他代表值	37
1. 中位数	37
2. 众数	39
3. 几何平均数	41
4. 調和平均数	42
九、提要	44
习题	45

### 第三章 概率及理論分布 47

一、概率	47
1. 概率理論在統計分析上的重要性	47
2. 概率的意義	47
3. 概率的基本定理	48
4. 擲币試驗中各种情况出現的概率	50
二、正态分布	56

1. 正态分布的概念	56
2. 正态分布的特征	58
3. 正态曲线方程的推导	62
4. 正态曲线的纵高	67
5. 正态曲线一定区间的面积	69
三、配合正态曲线	74
1. 样本资料配合正态曲线的目的	74
2. 配合正态曲线的方法	74
四、偏度及峰度的测定	78
1. 偏离正态的类型	78
2. 用动差测定偏离正态	79
3. 用积差测定偏离正态	84
4. 测定偏离正态的实例	87
五、二项分布	89
1. 二项分布的意义	89
2. 二项分布的平均数及标准差	95
3. $n, p$ 及 $q$ 的数值对二项分布形状的影响	98
六、波松分布	101
1. 波松分布的概念	101
2. 波松分布公式的推导	102
3. 波松分布的平均数及标准差	106
4. 波松分布的实例	108
5. 波松分布的形状	111
七、提要	112
习题	113



<b>第四章 显著性檢驗</b> . . . . .	115
<b>一、显著性检验的原理</b> . . . . .	115
1. 显著性檢驗的意义 . . . . .	115
2. 超过实得差异的概率的推求 . . . . .	117
3. 显著平准 . . . . .	119
4. 显著性檢驗的步驟 . . . . .	122
<b>二、平均数的显著性检验</b> . . . . .	122
1. 样本平均数的分布 . . . . .	122
2. 样本平均数的标准差公式的推导 . . . . .	125
3. 檢驗样本平均数的显著性 . . . . .	127
4. 利用 $t$ 分布檢驗样本平均数的显著性 . . . . .	129
5. $t$ 分布 . . . . .	131
6. $t$ 分布的特点 . . . . .	134
7. $t$ 分布的纵高及一定区间的面积 . . . . .	137
8. 全群平均数的信任范围 . . . . .	141
<b>三、平均数差异的显著性检验</b> . . . . .	143
1. 样本平均数差异的分布 . . . . .	143
2. 样本平均数差异的标准差公式的推导 . . . . .	145
3. 样本平均数差异的显著性檢驗( 集群比較法 ) . . . . .	147
4. 样本平均数差异的显著性檢驗( 配对比較法 ) . . . . .	150
5. 集群法及配对法的采用 . . . . .	153
6. 特种情况下的集群比較法 . . . . .	154
<b>四、百分数或成数的显著性检验</b> . . . . .	156
1. 样本成数的显著性檢驗 . . . . .	156
2. 两个样本成数間差异显著性檢驗 . . . . .	159

五、提要	160
习题	162
<b>第五章 方差分析</b>	<b>164</b>
一、方差分析的功用和原理	164
1. 方差分析的功用	164
2. 方差分析的原理	165
二、方差的显著性检验	173
1. 方差显著性检验的原理	173
2. $F$ 分布	177
三、平方和及自由度的分拆	180
1. 单方面分类资料的分拆	180
2. 两方面分类资料的分拆	182
四、方差分析的方法	187
1. 观察值按照单方面分类的方差分析	187
2. 每组包含观察值的个数不相等的方差分析	192
3. 观察值按照两方面分类的方差分析	197
五、试验因子的相互作用	200
1. 试验因子及连应的意义	200
2. 包含两个或更多因子的分析	203
六、复因子试验的分析	214
1. $2 \times 2 \times 2$ 试验的方差分析	214
2. $m \times p \times q$ 试验的方差分析	217
七、选用确实的误差	225
1. 方差的组成部分	225
2. 选用确实的误差	228

八、数据的转换	235
1. 应用方差分析所需的条件	235
2. 计数资料转换为平方根	235
3. 成数或百分数的转换	242
4. 计数资料转换为对数	244
九、提要	244
习题	247
<b>第六章 直线回归</b>	<b>249</b>
一、两个变数的共同变异及回归的意义	249
1. 两个变数各对观察值的共同变异	249
2. 回归的意义	249
二、配合回归直线	251
1. 回归直线的要求	251
2. 回归直线方程的推导	253
3. 回归方程计算的实例	256
三、由相关表求回归方程	259
1. 相关表	259
2. 由相关表计算回归系数	261
3. 回归方程的计算及回归线的图示	265
四、回归关系的显著性检验	266
1. 回归方程估测的误差	266
2. 回归关系的显著性检验	269
3. 回归系数的显著性检验	269
4. 两个回归系数间差异的显著性检验	272
五、回归的应用	273

六、提要	274
习题	275
<b>第七章 相关</b>	<b>277</b>
一、相关程度的度量	277
1. 相关的意义	277
2. 度量相关程度的基本公式	277
3. 用相关系数表示相关程度	279
4. 相关系数的数限	282
二、相关系数的计算	283
1. 由各对观察值计算相关系数	283
2. 由相关表计算相关系数	285
三、相关系数的解释	286
1. 相关与回归的关系	286
2. 相关系数的理解	290
四、相关系数的显著性	291
1. 相关系数的取样分布	291
2. 相关关系的显著性检验	295
3. 相关系数的显著性检验	296
五、 $r$ 转换为 $z$	300
1. 由 $r$ 转换为 $z$ 的需要	300
2. 由 $r$ 转换为 $z$ 的方法	301
3. 由 $r$ 转换为 $z$ 的应用	302
六、提要	305
习题	306

<b>第八章 淨迴归与复迴归及淨相关与复相关</b>	308
<b>一、淨迴归</b>	308
1. 淨迴归的意义	308
2. 求淨迴归的方法	309
3. 淨迴归系数的計算(两个自变数)	311
4. 用高斯氏法求淨迴归系数(两个自变数)	314
5. 淨迴归的显著性檢驗(两个自变数)	320
6. 淨迴归系数的計算及显著性檢驗(三个自变数)	321
7. 取消一个自变数	332
<b>二、复迴归</b>	333
1. 复迴归的意义	333
2. 复迴归方程的显著性檢驗	334
<b>三、淨相关</b>	335
1. 淨相关的意义	335
2. 求淨相关系数的方法(三个变数)	335
3. 由淨迴归系数求淨相关系数(变数为四个或四个以上)	340
4. 淨相关系数的显著性檢驗	343
<b>四、复相关</b>	343
1. 复相关的意义和計算	343
2. 复相关系数的显著性檢驗	344
<b>五、提要</b>	345
习题	347
<b>第九章 互变差分析</b>	349
<b>一、互变差分析的应用和方法</b>	349

1. 互变差分析的应用	349
2. 互变差分析的原理和方法	349
二、乘积和的分拆与计算	354
1. 乘积和的分拆	354
2. 各项乘积和的计算	356
三、互变差分析的示例	358
1. 互变差分析(两方面分类资料)	358
2. 互变差分析(单方面分类资料)	364
四、提要	364
习题	365
<b>第十章 曲线回归</b>	<b>367</b>
一、曲线回归概述	367
1. 曲线回归的意义及配合的目的	367
2. 曲线回归方程的类型	368
二、配合多项式的方法	371
1. 配合多项式的公式	371
2. 检验配合的适当次数	372
三、配合多项式的简例	374
1. 配合简单抛物线	374
2. 抛物线的图示	375
四、相关表的资料配合多项式	378
1. 配合多项式方法的概要	378
2. 配合三次方曲线并检验各次曲线配合的适度	380
3. 二次方曲线的配合	390
4. 二次方曲线的图示	391

五、配合多项式的累加法	394
1. 用累加法配合多项式所需的条件和优点	394
2. 多项式值(Y)各个差数的特点	395
3. 用累加法配合多项式的示例	395
六、用对数方程配合	406
1. 选用适合的对数方程类型	406
2. 用对数方程配合的方法	408
七、其他曲线类型	413
1. $Y = \frac{1}{a+bx}$ 的类型	413
2. 变形双曲线	415
八、提要	420
习题	421
<b>第十一章 <math>\chi^2</math> (卡平方) 检验</b>	<b>423</b>
一、 $\chi^2$ 检验应用于计数资料	423
1. 计数资料	423
2. $\chi^2$ 基本公式的意义	423
二、 $\chi^2$ 显著性检验	426
1. $\chi^2$ 的分布	426
2. $\chi^2$ 分布的特性	428
3. $\chi^2$ 的显著性检验	429
4. 连续性的矫正	431
三、适合性检验	433
1. 一样本包含两组的适合性检验	433
2. 一样本包含三组或更多组的适合性检验	436
3. 间杂性检验及 $\chi^2$ 的相加	440

4. 曲綫配合的适合度 . . . . .	442
四、独立性检验 . . . . .	444
1. 独立性檢驗的性質 . . . . .	444
2. $2 \times 2$ 表的独立性檢驗 . . . . .	445
3. $2 \times c$ 表的独立性檢驗 . . . . .	448
4. $r \times c$ 表的独立性檢驗( $r$ 及 $c$ 都 $> 2$ ) . . . . .	454
五、由 $2 \times 2$ 表直接计算概率( $P$ 值) . . . . .	457
1. $2 \times 2$ 表用 $\chi^2$ 方法估計概率的近似值 . . . . .	457
2. $2 \times 2$ 表用直接法計算概率 . . . . .	458
六、提要 . . . . .	463
习题 . . . . .	464
可以省讀的部分 . . . . .	467
<b>附表</b>	
附表 1    正态曲綫下的縱高( $z$ ) . . . . .	468
附表 2    正态曲綫下一定区間的面积(即 $\alpha/2$ ) . . . . .	470
附表 3 $t$ 分布的一定双尾面积的 $t$ 值 . . . . .	472
附表 4(A) $F$ 分布的单尾面积为 0.05 的 $F$ 值 . . . . .	474
附表 4(B) $F$ 分布的单尾面积为 0.05 的 $F$ 值(續) . . . . .	476
附表 4(C) $F$ 分布的单尾面积为 0.01 的 $F$ 值 . . . . .	478
附表 4(D) $F$ 分布的单尾面积为 0.01 的 $F$ 值(續) . . . . .	480
附表 5 $\chi^2$ 分布一定单尾面积的 $\chi^2$ 值 . . . . .	482
附表 6    自 1 至 100 阶乘数的对数 . . . . .	484
附表 7    由百分率轉化为角度 . . . . .	485
附表 8 $r$ 及 $R$ 的显著数值 . . . . .	488
附表 9    由 $r$ 轉换为 $z$ 值 . . . . .	490
附表 10 $2 \times 2$ 表內离开独立性的 $P$ 值表 . . . . .	491
索引 . . . . .	493



# 第一章 緒 論

## 一、生物统计的功用

从事生物方面的调查或试验工作，事前必须有一周密的规划，才能总揽全局，不致临时忙乱。规划是否确当，不仅对以后搜集所得资料的代表性有很大关系，而且对调查或试验的效率也有重大的影响。例如在大田估产时，从所欲估产的全部大田中应取样多少部分，这些部分如何取得，都须有规划。又如研究三种饲料对猪的生育影响，如果仅用3猪，分别喂以不同饲料，则由此所得的试验结果很难做到确实可靠。因为个别猪的特殊反应及偶然变异，很容易引起不正确的结论。每种饲料不能仅用一头猪试验，须用若干头，这在试验设计上称为重复。各猪除有意识的喂以不同饲料外，试验开始时的体重、年龄、性别等以及在试验过程中各猪所处的环境和管理方法，都应力求相象。如果不易获得均匀一致的供试材料，则至少每一重复内的3猪应力求相象。这样，每一重复内在试验结束时3猪的体重，才能真实反映饲料营养价值的差别。一般容易误认统计仅是数字资料的整理和分析的工具，与设计的规划无关。实际上试验规划本身亦须用统计方法加以研究。例如在田间试验方面，试验区的适当大小、适当形状以及每处理的适当重复次数等，都有统计分析上的根据。规划试验时常需要应用统计上的原则。

经过调查或试验以后所获得的一大堆数据，必须加以整理，才