

农业技术干部培训丛书



农业实验统计

卢宗海 编著

科学普及出版社

农业技术干部培训丛书

农业实验统计

卢宗海 编著

科学普及出版社

内 容 提 要

本书是把农业科学实验设计与数理统计学原理结合起来而定名为《农业实验统计》。

本书主要介绍农业实验的基本知识、数据资料的一般整理方法、有关统计归纳推断的概念及其方法、以及一些常用的田间实验设计与统计分析方法，如数据整理、统计检验、正交设计、方差分析、抽样检查等。此外，书末并列有常用的统计表。为了帮助读者加深理解，学会应用，在每一章中都列有习题，并且在书末附有习题答案。

本书是以初、中级农业科技人员为对象而编写的普及读物，以实用为主，文字阐述力求通俗易懂，也可供中等农业学校师生参考。

农业技术干部培训丛书

农业实验统计

卢宗海 编著

责任编辑：刘庆坤

封面设计：刘玉忠

*

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京怀柔平义分印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8½ 字数：182千字

1985年7月第1版 1985年7月第1次印刷

印数：1—9,200册 定价：1.20元

统一书号：16051·1059 本社书号：0869

序 言

农业是国民经济的基础，加快农业发展必须依靠政策和科学。提高当前农村的科技人员、领导干部和广大知识青年的农业科学技术知识水平，又是加快发展农业生产，把科学技术转化为生产力的一项重要措施。《农业技术干部培训丛书》就是为了适应这个需要而编写的。

这套丛书包括《小麦》、《玉米》、《棉花》、《北方水稻》、《蔬菜》、《北方果树》、《作物遗传和育种》、《土壤》、《肥料》、《植物病理基础知识》、《农业昆虫基础知识》、《农药基础知识》、《农业实验统计》、《植保机械》、《灌排机械》、《小型拖拉机和农机具》、《畜牧》、《家畜普通病》、《畜禽传染病和寄生虫病》以及《农业经济管理常识》等 20 个分册。今后为了适应农业新形势的发展和农村广大科技人员的需要，还将增编其它新的分册。

这套丛书中的《小麦》、《玉米》、《棉花》、《作物遗传和育种》、《土壤》、《肥料》、《昆虫植病基础知识》和《农药基础知识》原是北京农业大学部分教师深入农村，进行农业技术函授教育和总结经验编写的函授教材，曾在我国北方农村试用多年，读者感到深入浅出，既有理论知识，又能联系实际，学了会用，有利于自学提高，受到读者的欢迎。河北省科学技术协会和河北省科学普及创作协会为了满足该省广大读者的需要，邀请北京农业大学组成编写组，对上述教材进行补充修订，并增加《畜牧》、《兽医》和《畜禽传染病和寄生虫病》

3个分册，由河北省科学技术协会在内部发行，以推动农业技术干部培训工作，也受到广大科技人员和各级领导的欢迎。不少省、市科协也对这套丛书给予重视，要求面向全国扩大发行，以满足我国广大农村科技人员、领导干部和农村知识青年的需要。

为此，《农业技术干部培训丛书》编委会决定，除对上述各分册进行补充修订外，再增加9个新的分册，由科学普及出版社正式出版，向全国发行。

我们希望这套丛书经过不断发展、补充和修订，能为我国广大农业科技人员、干部、农村知识青年以及中央农业广播学校学员的学习和进修提供较好的学习参考材料。这套丛书也是业余函授教育的补充和发展，希望《丛书》对青年自学成材，学以致用，推广新的科技成果，发展农业生产起积极的促进作用。

因为我国农业自然条件差别很大，农业生产必须因地制宜，不能生搬硬套。一个专册不可能概括全国各地情况，这套丛书以适应华北为主，并适当照顾其它地区。今后还得按照不同地区和专业需要编写相应的专册。

由于编者知识有限，不当之处请广大读者给予批评指正。

沈 其 益

一九八二年二月

前 言

科学的实验方法不单指在实验过程中如何按一定程序进行操作，而且包括实验前如何制订实验方案，实验结束后如何分析实验数据及资料。其中实验方案的制订与步骤安排即所谓实验设计，是最为重要的一个方面。因为设计不当的实验不但要造成人力、物力和时间的浪费，甚至会使实验完全归于无用，而一个设计得好的实验，可以给研究的问题提供充分的信息，收到事半功倍的效应。

在农业科学实验中，应用数理统计学去处理实验数据资料，目前已广泛地被国内外农业科学工作者所重视。本书就是把农业科学实验设计与数理统计学原理结合起来，而定名为《农业实验统计》。书中内容主要有两个方面：(1) 说明如何应用统计学原理设计出能以最少的耗费而获得最精确的实验结果；(2) 采用统计显著性检验法以确定实验资料的归纳可靠程度。全书共分十三章，第一、二章介绍农业实验的基本知识和方法；第三、四章介绍数据资料的一般整理方法；第五、六、七章介绍有关统计归纳推断的概念及其方法；第八章至第十三章介绍一些常用的田间实验设计与统计分析方法。后六章是本书的主要部分。

本书以实用为主，阐述力求通俗易懂，对于具备了初等数学知识的读者来说阅读这本书是不会感觉到困难的。为了帮助读者加深理解，学会应用，在每一章中都列有习题，并且在书末附有习题答案。

本书是以初、中级农业科技人员为对象而编写的普及性读物，也可供中等农业学校师生参考。

编者

一九八三年

目 录

第一章 实 验 概 述

第一节 实验与实验设计	1
第二节 对实验设计的要求	5
一、实验处理的重复	5
二、实验处理的分配随机化	6
三、局部控制	7

第二章 抽 样 和 观 察

第一节 抽样方法	10
一、纯随机抽样	10
二、系统抽样	10
三、分层抽样	11
四、成团抽样	11
五、两阶段抽样	12
六、二相抽样	12
第二节 观察	13
一、观察指标	14
二、观察数字的记录和运算	15

第三章 实验数据整理

第一节 资料分类(组)	22
第二节 统计指标的计算	24
一、反映数据集中趋势的统计指标	24

二、反映数据离散程度的统计指标	26
三、两个观察指标间相互关系的统计指标	30
第三节 异常数据的取舍	33

第四章 统计图 and 统计表的设计

第一节 统计图及其制作	36
一、连续性资料和非连续性资料	36
二、线图	37
三、条形图	40
四、构成图	41
五、频数直方图	42
六、频数多边形	43
第二节 统计表的制作	45

第五章 误差及其估计

第一节 误差的概念	47
一、系统误差	47
二、随机误差	48
三、过失误差	50
四、实验误差和抽样误差	50
五、田间实验中的误差	51
六、精密度、准确度和精确度	52
第二节 误差估算法	54
一、单次观测误差	54
二、一些重要统计指标的误差	55
三、两个相同统计指标的差数标准误	57
四、绝对误差和相对误差	61

第六章 置 信 限

第一节 点估计和区间估计	63
第二节 置信限估算法	64
一、平均值的置信限	65
二、二项总体百分数的置信限	66
三、相关系数的置信限	67
四、两平均值相差的置信限	69
五、两二项总体百分数相差的置信限	70

第七章 显著性统计检验

第一节 概率的概念	73
一、事件	73
二、频率和概率	74
三、小概率实际不可能性	76
第二节 统计检验程序	76
一、提出统计假设	77
二、检验统计假设	78
三、概率水准和显著性推断	79
第三节 常用的统计检验法	80
一、 u 检验	80
二、 t 检验	82
三、 F 检验	83
四、 χ^2 检验	84
第四节 统计显著性结论	90

第八章 基本的实验设计

第一节 分组比较设计	95
一、设计方法	95

二、统计分析	96
三、两个处理组的实验	103
第二节 随机完全区组设计	104
一、设计方法	104
二、统计分析法	106
三、两处理配成对的实验	112
第三节 拉丁方设计	114
一、设计方法	114
二、统计分析法	117
三、拉丁方设计的运用	121

第九章 两因素实验

第一节 实验因素的效应和交互作用	127
第二节 两因素实验的随机区组设计的统计分析	129
第三节 裂区实验设计	137
一、随机完全区组裂区实验的统计分析	137
二、裂区设计的应用	144

第十章 多因素实验正交设计

第一节 用正交表安排实验	149
一、正交表的结构	149
二、怎样用正交表安排实验	150
第二节 正交设计的统计分析	154
一、不考虑交互作用的实验	154
二、考察交互作用的实验	159

第十一章 某些田间实验的统计分析

第一节 有抽样观测的实验	166
---------------------------	------------

第二节	各处理重复次数不等的随机区组实验结果	171
第三节	用共同对照处理的分组实验	174
第四节	条区设计的两因素实验	177
一、	设计方法	177
二、	统计分析	179

第十二章 多点、多年的田间实验

第一节	单区对比的多点实验	187
第二节	随机区组设计的多点实验	193
一、	多点(或多年)实验	193
二、	多点又多年的实验	201

第十三章 数据的变换与缺失估计

第一节	数据的变换	209
一、	对数变换	210
二、	反正弦变换	212
三、	平方根变换	213
第二节	缺失数据的估算	215
一、	随机完全区组实验的缺失小区数据估算	216
二、	拉丁方实验的缺失小区数据估算	218
三、	裂区实验的缺失小区数据估算	220
附表		223
附录	习题答案	254

第一章 实 验 概 述

第一节 实验与实验设计

自然科学研究可以有二个途径：(1) 纯调查研究。它指的是在自然状态条件下考察自发现象和现象的变化规律；(2) 实验。它指的是在人工控制的条件下精密地考察事物(研究对象)的不同方式(状态)的作用，以认识事物的内在联系，揭示事物的规律。实验是为了探索事物的不同方式的作用而进行的一种实践活动。因为它带有试探性，常常又把它叫做试验。通常实验采用比较法，对研究对象在不同方式作用下所产生的现象加以比较和鉴定，从中认识事物的规律。例如在相同的条件下(包括自然和栽培条件)对某一作物采用不同的种植密度进行比较，以探求最适宜的种植密度，这就是比较实验。从纯调查研究中观察得到的现象，一般不容易认识到事物的内在联系，而通过实验，可以认识到现象的实质。实验是认识自然规律的科学研究的十分重要的方法。恩格斯在《自然辩证法》一书中说过：“在希腊人那里是天才的直觉的东西，在我们这里是严格科学的以实验为依据的研究的结果，因而也就具有确定得多和明白得多的形式。”又说：“单凭观察所得的经验，是决不能充分证明必然性的。”他强调必然性的证明产生于实验。

一般来说可把实验分为三类：(1) 预备实验或者叫做初步实验。这类实验的目的在于为正式实验提供所需的资料，

例如用少量材料进行小规模의 试探性实验，以确定一些效果较好的方式并进而用之于较大规模的实验；(2) 鉴定实验。这类实验用简单的方法从研究对象的多种方式中筛选出值得进一步研究的方式。在这类实验中，应当对每种方式作用下产生的种种现象进行详细观察；(3) 正式实验。这类实验采用周密的设计，对经过鉴定选出的有前途的方式进行实验。

实验要能圆满地回答所要解决的问题，在实验之前必须有周密的设计。这就是要根据研究的目的订出实验的方案。方案包含：选用什么实验单元和实验处理，每个处理包含多少个实验单元(即样本含量)，处理分配给实验单元的方法，实验观察指标，抽样方法以及实验数据的处理方法等。

(一) 实验处理

自然现象是多种因素作用的结果，比如作物产量的高低要取决于种种自然条件和栽培技术条件。在实验中让其余各个因素的变化控制于同一水平状态而有意识地使某一个因素处于不同的水平状态，考察每种状态下发生的现象，则这个因素叫做实验因素，那些不同的水平状态叫做实验处理(简称处理)或水平。实验因素是实验中所考察的对象，一个处理是这个因素的某一种具体状态，可以是某一种用量、方法或类型，或者某个时间。例如在相同的栽培技术条件下研究某个作物品种的不同播种量(播种期或播种方法)，播种量就是实验因素，而为了研究这个因素所采用的每一种播种量就是一个实验处理。在一个实验中如果只有一个考察的因素，这个实验叫做单因素实验；如果考察的因素多于二个，这个实验叫做多因素实验。

选用什么处理做实验？这要根据实验的任务，要求从实验结果能回答研究的问题上来考虑。对于属性因素，即不可

度量的因素，如种类、方法等，每一种属性就成为一种处理。但对于定量因素，即可度量的因素，在确定它的处理时应根据已有的知识和经验，一般可先选定两个能在实践上采纳的极量，然后在其间插入某些量（一般只是1个或2个，最好使插入量的大小顺序中任何两个相邻的量间的间距相等）。例如施肥量试验，它的极端量的下限当然是0，即不施肥，它的上限可以定在比预定最适的施肥量多一倍，使最适量介于这两者之间，形成等差的三个量。在确定实验处理的用量时，如果没有已知的知识可循，则可先做小规模预备实验。这就是先用相差很大的量和少量材料进行观测，根据观测结果再采用相差较小的量和较多材料进行正式实验。

实验中，尤其是正式实验中，应有一个用来鉴别各个处理效果优劣的标准处理，即对照。通过对照，可以清除由于各种外界因素造成的偏离，显示出处理的实效。例如施肥的处理得亩产500斤，用没有施肥的处理作为对照得亩产400斤，从而可知施肥的增产效果是每亩100斤。实验中应该采用什么样状态的处理作为对照？这还要根据研究的目的来确定。对定量因素来说，常常要有一个不加用量的处理作为对照。这个对照叫做空白对照，用它来和那些加了用量的处理进行比较。为了确定实验处理在生产上的应用价值，应当设一个在生产上采用的水平状态作为对照。例如要鉴定新育成的品种是否有推广价值，在实验中就应当加入一个已推广了的品种供作鉴定标准。

在实验中要使各个处理相互比较并取得可靠的结果，应保证它们的可比性。即除去处理本身不同外，其它因素应是相同的。此实验只突出各个处理状态的差异，这叫做单一差异。

能够施加不同处理的最小的材料单元，叫做实验单元，有时又叫做小区。一个实验单元可以是一定面积大小的一块地(小区)，一个穴，一株或一个器官(叶、花、果实等)，这要根据研究的目的是来选定。例如用盆栽法比较不同施肥量的效果时，每盆要种植若干株。因为在同一个盆中的各株植株并不分别施加不同处理，这样，就不能以草株作为一个实验单元，只能以一个盆作为一个实验单元。又如对一片叶子的右半接种病菌，左半不加接种，因右半和左半能够分别施加不同的处理，半片叶就是一个实验单元。

(二) 实验单元

田间实验的实验单元是一定大小面积的小区。小区的大小和形状能影响实验误差的大小。太小的小区可能产生代表性差的结果；过大的小区要增加实验工作量，浪费人力和物力。因方形小区的周长最小，可使由于两相邻小区的处理不同所引起的植株生长差异而导致的干扰减低到最少(边际影响)。一般，如果小区面积增大，实验误差就减少。但两者不总是成同一个比例改变的，小区面积增大到一定程度之后，实验误差减少甚微。一般田间小区实验，小区面积可以是10~30平方米，特殊目的的实验，也最好不小于5平方米。在选择一个实验小区的大小和形状时，应考虑以下几点：

(1) 实验类型。研究肥料的实验比品种比较实验要求较大的小区；灌溉研究要求采用更大的小区；农药喷施的实验，小区的宽度要决定于喷雾器喷施的范围。

(2) 实验地的土壤变异状态。当土壤呈块状变化时，应该用大的小区。当实验地的土壤呈梯度变化时，应采用长方形小区，但当不了解土壤的变化状态时，以采用方形小区较好。

(3) 作物种类。植株高大或单株需要营养面积大的作物(如棉花), 小区要大些。

(4) 种子量。种子量有限(如育种程序中的早期世代), 只能采用很小的小区。但要注意两点: 第一, 要设法控制因为用了小的小区而产生的品种(或选系)间的竞争。第二, 田间管理技术要精细, 这是因为在很小的小区中发生了微小的差异, 就会扩大了实验误差。

第二节 对实验设计

一个好的实验设计应当是, 它能够用最节省的劳力和时间进行实验, 能够控制主要的实验误差, 使各个处理获得可靠的比较, 并且便于应用统计方法处理实验数据以取得有用而可靠的科学资料。因此在设计实验时, 应当充分注意到如何减少或排除各种各样可能使实验结果产生偏离实际情况的干扰因素, 保证能得到可靠的结果。同时要注意到统计分析的要求, 即实验设计应当与生物统计相联结起来。在实验中各个处理的分配和实验单元数量的确定, 应按生物统计原理进行, 使得到的实验数据能够进行统计处理, 得出预期的结果。须知, 设计不当的实验是不能用生物统计方法来分析和处理实验数据的。从生物统计要求出发, 实验应遵循一定的原则设计, 如实验处理的重复、分配随机化以及局部控制。

一、实验处理的重复

实验中一个处理用多于一个实验单元进行实验, 这样就