

ShengWu 高职高专
生物技术类专业系列规划教材

试验设计与统计分析

主 编 迟全勃

SHIYAN SHEJI YU TONGJI FENXI



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

高职高专生物技术类专业系列规划教材

试验设计与统计分析

主 编 迟全勃

副主编 胡 柯 周济铭

重庆大学出版社



内容提要

本书是在“以培养学生的技术应用能力为核心,基础理论教学以‘必需’‘够用’为度,专业课加强针对性、实用性”的现代高等职业教育理论指导下,充分体现理论知识与操作技能的有机融合,边学边练,以任务导向教学模式为依据,按照岗位的技能要求,划分为学习项目和学习任务。全书共分为5个学习项目:项目1 试验方案制订,共3个学习任务;项目2 试验实施与总结,共5个学习任务;项目3 数据处理基础,共4个学习任务;项目4 试验数据统计分析方法,共4个学习任务;项目5 常用统计软件使用,共3个学习任务。并附有常用统计教学用表。

本书可作为高职高专食品科学类、生物技术类专业教学用书,也可作为轻工、商学、水产、粮食等院校的食品科学、食品工程、发酵工程等专业开设“生物统计”课程的教学用书,还可作为食品科学类、生物技术类专业成人教育教材。

图书在版编目(CIP)数据

试验设计与统计分析/迟全勃主编. —重庆:重庆大学出版社,2015.1

高职高专生物技术类专业系列规划教材

ISBN 978-7-5624-8497-4

I. ①试… II. ①迟… III. ①试验设计—高等职业教育—教材②统计分析—高等职业教育—教材 IV. ①O212

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第175317号

试验设计与统计分析

主 编 迟全勃

副主编 胡 柯 周济铭

策划编辑:梁 涛

责任编辑:李定群 高鸿宽 版式设计:梁 涛

责任校对:秦巴达 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆川外印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:326千

2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷

印数:1—3000

ISBN 978-7-5624-8497-4 定价:29.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

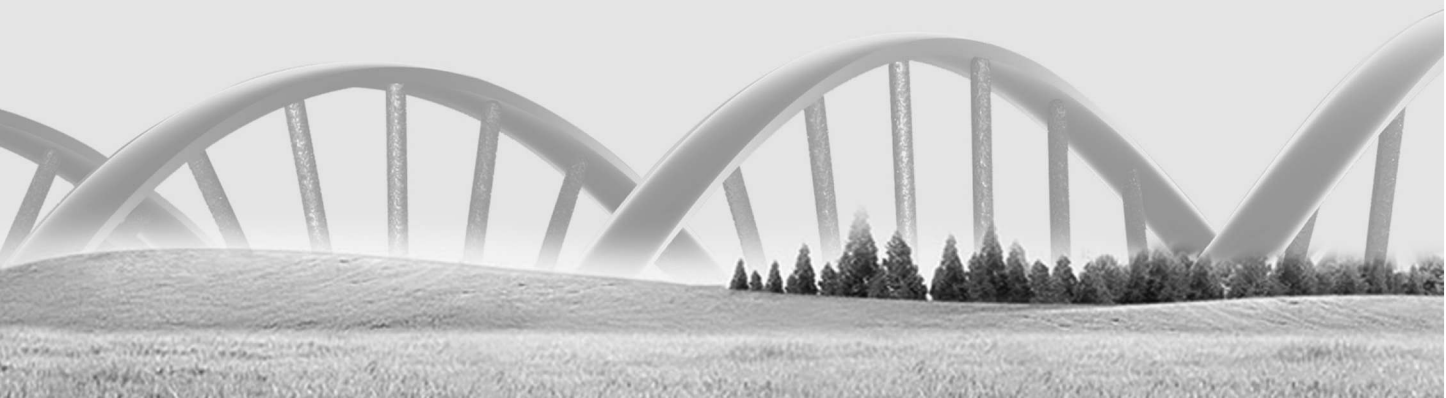
高职高专生物技术类专业系列规划教材

※ 编委会 ※

(排名不分先后,以姓名拼音为序)

总 主 编 王德芝

编委会委员	陈春叶	池永红	迟全勃	党占平	段鸿斌
	范洪琼	范文斌	辜义洪	郭立达	郭振升
	黄蓓蓓	李春民	梁宗余	马长路	秦静远
	沈泽智	王家东	王伟青	吴亚丽	肖海峻
	谢必武	谢 昕	袁 亮	张 明	张媛媛
	郑爱泉	周济铭	朱晓立	左伟勇	



高职高专生物技术类专业系列规划教材

※ 参加编写单位 ※

(排名不分先后,以拼音为序)

北京农业职业学院

重庆三峡医药高等专科学校

重庆三峡职业学院

甘肃酒泉职业技术学院

甘肃林业职业技术学院

广东轻工职业技术学院

河北工业职业技术学院

河南漯河职业技术学院

河南三门峡职业技术学院

河南商丘职业技术学院

河南信阳农林学院

河南许昌职业技术学院

河南职业技术学院

黑龙江民族职业学院

湖北荆楚理工学院

湖北生态工程职业技术学院

湖北生物科技职业学院

江苏农牧科技职业学院

江西生物科技职业学院

辽宁经济职业技术学院

内蒙古包头轻工职业技术学院

内蒙古呼和浩特职业学院

内蒙古农业大学

内蒙古医科大学

山东潍坊职业学院

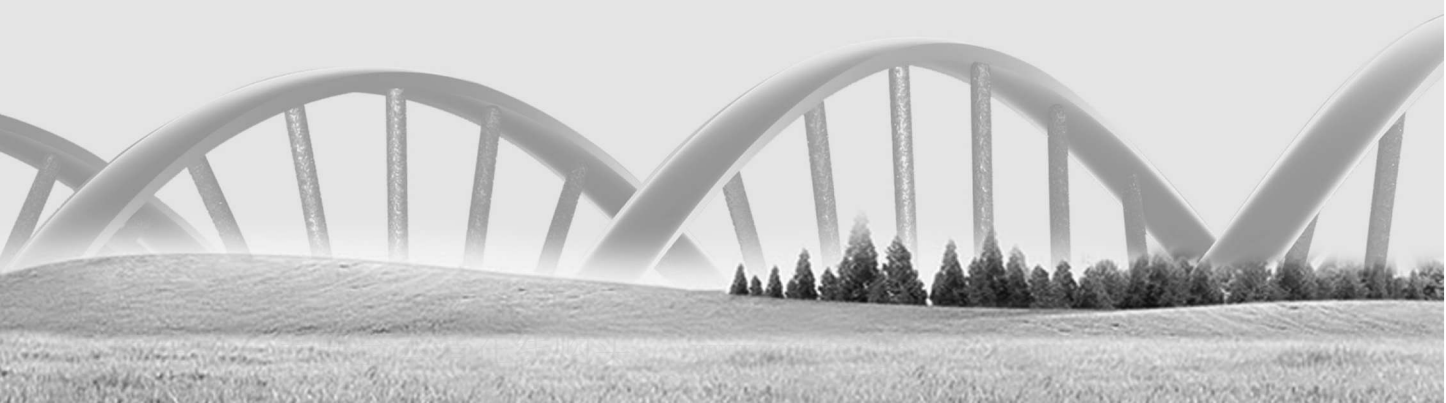
陕西杨凌职业技术学院

四川宜宾职业技术学院

四川中医药高等专科学校

云南农业职业技术学院

云南热带作物职业学院



总序



大家都知道,人类社会已经进入了知识经济的时代。在这样一个时代中,知识和技术比以往任何时候都扮演着更加重要的角色,发挥着前所未有的作用。在产品(与服务)的研发、生产、流通、分配等任何一个环节,知识和技术都居于中心位置。

那么,在知识经济时代,生物技术前景如何呢?

有人断言,知识经济时代以如下六大类高新技术为代表和支撑,它们分别是电子信息、生物技术、新材料、新能源、海洋技术、航空航天技术。是的,生物技术正是当今六大高新技术之一,而且地位非常“显赫”。

目前,生物技术广泛地应用于医药和农业,同时在环保、食品、化工、能源等行业也有着广阔的应用前景,世界各国无不非常重视生物技术及生物产业。有人甚至认为,生物技术的发展将为人类带来“第四次产业革命”;下一个或者下一批“比尔·盖茨”们,一定会出在生物产业中。

在我国,生物技术和生物产业发展异常迅速,“十一五”期间(2006—2010年)全国生物产业年产值从6 000亿元增加到16 000亿元,年均增速达21.6%,增长速度几乎是我国同期GDP增长速度的2倍。到2015年,生物产业产值将超过4万亿元。

毫不夸张地讲,生物技术和生物产业正如一台强劲的发动机,引领着经济发展和社会进步。生物技术与生物产业的发展,需要大量掌握生物技术的人才。因此,生物学科已经成为我国相关院校大学生学习的重要课程,也是从事生物技术研究、产业产品开发人员应该掌握的重要知识之一。

培养优秀人才离不开优秀教师,培养优秀人才离不开优秀教材,各个院校都无比重视师资队伍和教材建设。多年的生物学科经过发展,已经形成了自身比较完善的体系。现已出版的生物系列教材品种也较为丰富,基本满足了各层次各类型的教学需求。然而,客观上也存在一些不容忽视的不足,如现有教材可选范围窄,有些教材质量参差不齐、针对性不强、缺少行业岗位必需的知识技能等,尤其是目前生物技术及其产业发展迅速,应用广泛,知识更新快,新成果、新专利急剧涌现,教材作为新知识、新技术的载体应与时俱进,及时更新,才能满足行业发展和企业用人提出的现实需求。

正是在这种时代及产业背景下,为深入贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《教育部 农业部 国家林业局关于推动高等农林教育综合改革的若干意见》(教高[2013]9号)等有关指示精神,重庆大学出版社结合高职高专的发展及专业教学基本要求,组织全国各地的几十所高职院校,联合编写了这套“高职高专生物技术类专

业系列规划教材”。

从“立意”上讲,本套教材力求定位准确、涵盖广阔,编写取材精炼、深度适宜、分量适中、案例应用恰当丰富,以满足教师的科研创新、教育教学改革和专业发展的需求;注重图文并茂,深入浅出,以满足学生就业创业的能力需求;教材内容力争融入行业发展,对接工作岗位,以满足服务产业的需求。

编写一套系列教材,涉及教材种类的规划与布局、课程之间的衔接与协调、每门课程中的内容取舍、不同章节的分工与整合……其中的繁杂与辛苦,实在是“不足为外人道”。

正是这种繁杂与辛苦,凝聚着所有编者为本套教材付出的辛勤劳动、智慧、创新和创意。教材编写团队成员遍布全国各地,结构合理、实力较强,在本学科专业领域具有较深厚的学术造诣及丰富的教学和生产实践经验。

希望本套教材能体现出时代气息及产业现状,成为一套将新理念、新成果、新技术融入其中的精品教材,让教师使用时得心应手,学生使用时明理解惑,为培养生物技术的专业人才,促进生物技术产业发展做出自己的贡献。

是为序。

全国生物技术职业教育教学指导委员会委员 王德芝
高职高专生物技术类专业系列规划教材总主编

2014年5月





前 言

对于生物、制药、食品、轻工、化工、化学、材料、环境、农林等需要实验与观测的学科专业,经常需要通过试验来寻找所研究对象的变化规律,并通过对规律的研究达到各种实用的目的,如提高产量、降低消耗、提高产品性能或质量等。自然科学和工程技术中所进行的试验是一种有计划的实践,科学地试验设计能用较少的试验次数达到预期的试验目标,反之会事倍功半,甚至劳而无功。试验过程中会产生大量的试验数据,只有对试验数据进行合理地分析和处理,才能获得研究对象的变化规律,达到指导生产和科研的目的。

本书在保持学科的系统性和科学性的前提下,注意引入本学科发展的新知识、新成果;注重拓宽学生的知识面和实践能力,紧密联系食品科学生产、科研实际,以及统计分析与计算机科学的结合;避免与交叉学科有关内容的重复;力求体现“厚基础、强能力、高素质、广适应”和素质教育与创新教育的教学目标。

本书可作为高职高专食品科学类、生物技术类专业教学用书,也可作为轻工、商学、水产、粮食等院校的食品科学、食品工程、发酵工程等专业开设“生物统计”课程的教学用书,还可作为食品科学类、生物技术类专业成人教育教材。此外,对食品、生物科技工作者也有重要参考价值。

本书编写充分体现“理实一体化”的职业教育理念,理论知识与操作技能有机融合,边学边练,以任务导向教学模式为依据,岗位的技能要求划分为学习项目和学习任务。全书共分为5个学习项目:项目1 试验方案制订,共3个学习任务;项目2 试验实施和总结,共5个学习任务;项目3 数据处理基础,共4个学习任务;项目4 试验数据统计分析方法,共4个学习任务;项目5 实用分析软件使用,共3个学习任务。

本书在编写过程中,充分体现校企合作的职业教育理念。以高职院校教师为主、以高校教师与行业专家为辅组建编写队伍,编写分工如下:项目1、附录由北京农业职业学院迟全勃、施鹏飞编写,项目2由杨凌职业技术学院周济铭编写,项目3由商丘职业技术学院胡柯编写,项目4由宜宾职业技术学院刘琨毅、北京农业职业学院李良彬编写,项目5由北京农业职业学院潘妍、邹原东编写。全书由迟全勃修改并统稿。

本书在编写过程中参考了有关中外文献和专著,编者对这些文献和专著的作者、对大力支持编写和出版工作的重庆大学出版社一并表示衷心的感谢!

限于编者水平,错误、缺点在所难免,恳请统计学专家和广大读者批评指正,以便修订时改正。

编 者
2014年4月

目 录 CONTENTS

项目 1 试验方案制订

任务 1.1	认识试验设计基础知识	(2)
任务 1.2	试验设计的基本程序	(6)
任务 1.3	试验方案制订	(10)

项目 2 试验实施和总结

任务 2.1	试验的准备和预试验	(16)
任务 2.2	试验计划的制订	(19)
任务 2.3	试验结果的观察和数据收集	(24)
任务 2.4	试验资料的整理和初步分析	(32)
任务 2.5	试验总结报告的书写	(41)

项目 3 数据处理基础

任务 3.1	真值与平均值	(48)
任务 3.2	误差	(50)
任务 3.3	试验数据的精准度	(53)
任务 3.4	有效数字和试验结果的表示	(55)

项目 4 试验数据统计分析方法

任务 4.1	试验的方差分析	(60)
任务 4.2	一元回归分析	(74)
任务 4.3	优选法	(82)
任务 4.4	正交试验法	(90)

项目 5 实用分析软件使用

任务 5.1	Excel 在图表绘制中的应用	(103)
任务 5.2	正交小助手的使用	(121)
任务 5.3	SPSS 分析软件的使用	(127)

附录	统计分析常用表	(142)
----	---------	-------

参考文献		(207)
------	--	-------

项目1

试验方案制订

【知识目标】

- 了解试验设计的内涵。
- 了解试验设计与数据处理的发展历史和意义。
- 熟悉试验方案的意义。
- 掌握试验设计基本术语和原则。

【技能目标】

- 能制订实验方案。
- 能正确处理试验因素与试验条件的交互作用。

【项目简介】>>>

在工农业生产、科学研究和管理实践中,为了开发研制新产品、更新老产品,降低原材料、能源等资源消耗,提高产品的产量和质量,做到优质、高产、低消耗即提高经济效益,都需要做各种试验。凡是试验就存在着如何安排试验,如何分析试验结果的问题,也就是要解决试验设计的方法问题。若试验方案设计正确,对试验结果分析得当,就能够以较少的试验次数、较短的试验周期、较低的试验费用,得到正确的结论和较好的试验效果;反之,试验方案设计不正确,试验结果分析不当,就可能增加试验次数,延长试验周期,造成人力、物力和时间的浪费,不仅难以达到预期的效果,甚至造成试验的全盘失败。因此,如何科学地进行试验设计是一个非常重要的问题。

【工作任务】>>>

任务 1.1 认识试验设计基础知识

1.1.1 试验设计的内涵

试验设计(design of experiment, DOE)也称为实验设计,是以概率论和数理统计为理论基础,经济地、科学地安排试验的一项技术。通过对数据资料进行正确的整理、分析,可以揭示事物的本质特性及内在联系,进而使人们得以能动地认识世界和改造世界。试验设计和统计分析是互为前提和条件的。只有理解、掌握了一定的统计分析原理和方法,并结合坚实的专业知识和必要的实践经验,才可能正确地进行试验设计。反过来,只有在试验设计正确的基础上,通过对试验所获取的数据资料进行正确地统计分析,才可能真正揭示事物的本质特性及内在联系,得出可靠的结论,进而正确地指导实践。

1.1.2 试验设计与数据处理的发展历史

试验设计自 20 世纪 20 年代问世至今,其发展大致经历了 3 个阶段,即早期的单因素和多因素方差分析、传统的正交试验法和近代的调优设计法。到目前为止,本学科经过了 90 多年的研究和实践,已成为广大技术人员与科学工作者必备的基本理论知识。实践表明,该学科与实际的结合,在工农业生产中产生了巨大的社会效益和经济效益。

20 世纪 20 年代,英国生物统计学家及数学家费歇(R. A. Fisher)首先提出了方差分析,并将其应用于农业、生物学、遗传学等方面,取得了巨大的成功,在试验设计和统计分析方面作出了一系列先驱工作,开创了一门新的应用技术学科,从此试验设计成为统计科学的一个分支。20 世纪 50 年代,日本统计学家田口玄一将试验设计中应用最广的正交设计表格化,在方法解说方面深入浅出,为试验设计的更广泛使用作出了巨大的贡献。

我国从 20 世纪 50 年代开始研究这门学科,并在正交试验设计的观点、理论和方法上都

有新的创见,编制了一套适用的正交表,简化了试验程序和试验结果的分析方法,创立了简单易学、行之有效的正交试验设计法。同时,著名数学家华罗庚教授也在国内积极倡导和普及“优选法”,从而使试验设计的概念得到普及。随着科学技术工作的深入发展,我国数学家王元和方开泰于1978年首先提出了均匀设计,该设计考虑如何将设计点均匀地散布在试验范围内,使得能用较少的试验点获得最多的信息。

随着计算机技术的发展和进步,出现了各种针对试验设计和试验数据处理的软件,如SAS(statistical analysis system),SPSS(statistical package for the social science),Matlab Origin和Excel等,它们使试验数据的分析计算不再繁杂,极大地促进了本学科的快速发展和普及。

1.1.3 试验设计与数据处理的意义

在科学研究和工农业生产中,经常需要通过试验来寻找所研究对象的变化规律,并通过对规律的研究达到各种实用的目的,如提高产量、降低消耗、提高产品性能或质量等,特别是新产品试验,未知的东西很多,要通过大量的试验来摸索工艺条件或配方。

自然科学和工程技术中所进行的试验,是一种有计划的实践,只有科学地试验设计,才能用较少的试验次数,在较短的时间内达到预期的试验目标;反之,不合理的试验设计,往往会浪费大量的人力、物力和财力,甚至劳而无功。另外,随着试验进行,必然会得到大量的试验数据,只有对试验数据进行合理地分析和处理,才能获得研究对象的变化规律,达到指导生产和科研的目的。可见,最优试验方案的获得,必须兼顾试验设计方法和数据处理两方面,两者是相辅相成、互相依赖、缺一不可的。

在试验设计之前,试验者首先应对所研究的问题有一个深入的认识,如试验目的、影响试验结果的因素、每个因素的变化范围等,然后才能选择合理的试验设计方法,达到科学安排试验的目的。在科学试验中,试验设计一方面可以减少试验过程的盲目性,使试验过程更有计划;另一方面还可以从众多的试验方案中,按一定规律挑选出少数具有代表性的试验。

合理的试验设计只是试验成功的充分条件,如果没有试验数据的分析计算,就不可能对所研究的问题有一个明确的认识,也不可能从试验数据中寻找规律性的信息,因此试验设计都是与一定的数据处理方法相对应的。试验数据处理在科学试验中的作用主要体现在以下5个方面:

- ①通过误差分析,可评判试验数据的可靠性。
- ②确定影响试验结果的因素主次,从而可抓住主要矛盾,提高试验效率。
- ③确定试验因素与试验结果之间存在的近似函数关系,并能对试验结果进行预测和优化。
- ④获得试验因素对试验结果的影响规律,为控制试验提供思路。
- ⑤最优试验方案或配方的确定。

试验设计(experiment design)与数据处理(data processing)虽然归于数理统计的范畴,但它们也属于应用技术学科,具有很强的适用性。一般意义上的数理统计的方法主要用于分析已经获得的数据,对所关心的问题作出尽可能精确的判断,而对如何安排试验方案的设计却没有过多的要求。试验设计与数据处理则是研究如何合理地安排试验,有效地获得试验数据,然后对试验数据进行综合的科学分析,以求尽快达到优化实验的目的。因此,完整意义上的试验设计实质上是试验的最优化设计。

1.1.4 试验设计基本术语

1) 总体与样本

根据研究目的确定的研究对象的全体称为总体(population)。其中的一个独立的研究单位称为个体(individual),依据一定方法由总体抽取的部分个体组成的集合称为样本(sample)。例如,研究某企业生产的一批罐头产品的单听质量,该批所有罐头产品单听质量的全体就构成本研究的总体;从该总体抽取100听罐头测其单听质量,这100听罐头单听质量即为一个样本,这个样本包含有100个个体。含有有限个个体的总体称为有限总体(finite population)。例如,上述一批罐头总体虽然包含的个体数目很多,但仍为有限总体。包含有无限多个个体的总体称为无限总体(infinite population)。例如,在统计理论研究中服从正态分布的总体、服从 t 分布的总体包含一切实数,属于无限总体。在实际研究中还有一类总体称为假想总体。例如,用几种工艺加工某种产品的工艺试验,实际上并不存在用这几种工艺进行加工的产品总体,只是假设有这样的总体存在,把所得试验结果看成是假想总体的一个样本。样本中所包含的个体数目称为样本容量或样本大小(sample size)。例如,上述一批罐头单听质量的样本容量为100。样本容量常记为 n 。通常, $n \leq 30$ 的样本称为小样本, $n > 30$ 的样本称为大样本。统计分析通常是通过样本来了解总体。这是因为有的总体是无限的、假想的,即使是有限的但包含的个体数目相当多,要获得全部观测值须花费大量人力、物力和时间;或者观测值的获得带有破坏性,如苹果硬度的测定,不允许对每一个果实进行测定。研究的目的是要了解总体,然而能观测到的却是样本,通过样本来推断总体是统计分析的基本特点。为了能可靠地从样本来推断总体,这就要求样本具有一定的含量和代表性。只有从总体随机抽取的样本才具有代表性。所谓随机抽样(random sampling),是指总体中的每一个个体都有同等的机会被抽取组成样本,然而样本毕竟只是总体的一部分,尽管样本具有一定的含量和代表性,但是通过样本来推断总体也不可能百分之百的正确。有很大的可靠性,但有一定的错误率是统计分析的又一特点。

2) 参数与统计量

为了表示总体和样本的数量特征,需要计算出几个特征数。由总体计算的特征数称为参数(parameter);由样本计算的特征数称为统计量(statistic)。常用希腊字母表示参数,如用 μ 表示总体平均数,用 σ 表示总体标准差;常用拉丁字母表示统计量,如用 \bar{x} 表示样本平均数,用 S 表示样本标准差。总体参数由相应的统计量来估计,如用 \bar{x} 估计 μ ,用 S 估计 σ 等。

3) 准确性与精确性

准确性(accuracy)也称准确度,指在调查或试验中某一试验指标或性状的观测值与其真值接近的程度。设某一试验指标或性状的真值为 μ ,观测值为 x ,若 x 与 μ 相差的绝对值 $|x - \mu|$ 小,则观测值 x 准确性高;反之,则低。精确性(precision)也称精确度,是指调查或试验中同一试验指标或性状的重复观测值彼此接近的程度。若观测值彼此接近,即任意两个观测值 x_i, x_j 相差的绝对值 $|x_i - x_j|$ 小,则观测值精确性高;反之,则低。准确性、精确性的意义如图1.1所示。图1.1(a)中观测值密集于真值 μ 两侧,其准确性高,精确性也高;图1.1(b)观测值密集于远离真值 μ 的一侧,其准确性低,精确性高;图1.1(c)观测值稀疏地散布于远离真值 μ 的两侧,其准确性、精确性都低。

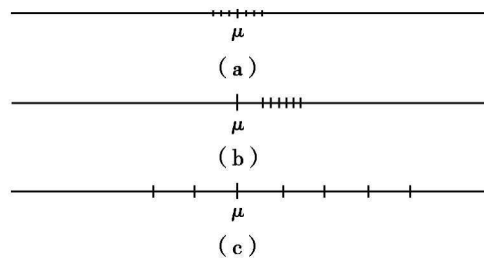


图 1.1 准确性与精确性的关系示意图

调查或试验的准确性、精确性合称为正确性。在调查或试验中应严格按照调查或试验计划进行,准确地进行观测记载,力求避免人为差错,特别要注意试验条件的一致性,除所研究的处理外,其他供试条件应尽量控制一致,并通过合理地调查或试验设计努力提高试验的准确性和精确性。由于真值 μ 常常不知道,因此准确性不易度量,但利用统计方法可度量精确性。

4) 随机误差与系统误差

在试验中,试验指标除受试验因素影响外,还受到许多其他非试验因素的干扰,从而产生误差。试验中出现的误差分为两类:随机误差(random error)与系统误差(systematic error)。随机误差也称抽样误差(sampling error),这是由于许多无法控制的内在和外在的偶然因素所造成,如原料作物的生长条件、生长势的差异,以及食品加工过程中机械设备运转状态的偶然变化等。这些因素尽管在试验中力求一致但不可能绝对一致。随机误差带有偶然性质,在试验中即使十分小心也难以消除,但可通过试验控制尽量降低,并经对试验数据的统计分析来估计。随机误差影响试验的精确性。统计上的试验误差是指随机误差,这种误差越小,试验的精确性越高。系统误差也称片面误差(lopsided error),这是由于供试对象的品种、成熟度、病程等不同,食品配料种类、品质、数量等相差较大,仪器不准、标准试剂未经校正,药品批次不同、药品用量以及种类不符合试验的要求等引起。试验中的系统误差是无法估计的,因此应当通过试验设计彻底消除之。观测、记载、抄录、计算中的错误等也将引起误差,这种误差实质上是错误。系统误差影响试验的准确性。图 1.1(b)、(c)所表示的情况就是由于出现了系统误差的缘故。一般来说,只要试验工作做得精细,系统误差容易克服。图 1.1(a)表示克服了系统误差的影响,且随机误差较小,因而准确性高、精确性也高。

1.1.5 试验设计的基本原则

1) 重复原则

重复是指在试验中每种处理至少进行两次以上。重复试验是估计和减小随机误差的基本手段。一般来说,重复次数越多越好。重复试验的目的是估计和减小随机误差。

2) 随机化原则

随机化原则就是在试验中每一个处理及每一个重复都有同等的机会被安排在某一特定的空间和时间环境中,以消除某些处理或其重复可能占有的“优势”或“劣势”,保证试验条件在空间和时间上的均匀性。

3) 对照原则

对照原则包括空白对照、安慰剂对照、实验条件对照、标准对照、历史或中外对照。

4) 区组原则

人为划分的时间、空间、设备等实验条件,称为区组。区组因素也是影响实验指标的因素,但并不是实验者所要考察的因素,故也称为非处理因素。

【相关链接】>>>

试验设计还有哪些常见术语?

(1) 试验指标(experimental index)

在试验设计中,根据试验的目的而选定的用来衡量或考核试验效果的质量特性,称为试验指标。

(2) 试验因素(experimental factor)

试验中,凡对试验指标可能产生影响的原因,都称为因素。通常把试验中所研究的影响试验指标的因素称为试验因素;把除试验因素外其他所有对试验指标有影响的因素称为条件因素,又称试验条件。

(3) 因素水平

在试验中,为考察试验因素对试验指标的影响情况,要使试验因素处于不同的状态。把试验因素所处的各种状态称为因素水平,简称水平。

(4) 试验处理

试验处理简称处理,在单因素试验中,试验的一个水平就是一个处理。试验处理是指事先设计好的实施在试验单位上的一种具体措施。



反思与练习

1. 试验设计与数据处理的意义是什么?
2. 试验设计基本术语及其含义是什么?
3. 试验设计的基本原则是什么?

任务 1.2 试验设计的基本程序

1.2.1 试验目的确定

进行任何一项科学试验,在试验前必须制订一个科学、全面的试验计划书,以便使该项研究工作能够有计划、有目的地顺利开展,从而保证试验任务的完成。虽然科研项目的种类、大小有所不同,但试验计划的内容一般可概括为以下 10 个方面:

1) 课题名称、试验目的

科研课题的选择是整个研究工作的第一步,也是最为重要的一步。科学研究的基本要求是探新、创新。研究课题的选择决定了该项研究创新的潜在可能性。

一般来说,研究课题的来源不外乎两个方面:一方面是国家(包括省、市、区)指定的项目,

这类课题不仅保证了科研选题的正确性,而且也为人选题提供了方向性指导,并提出明确的研究目的和最终的目标要求;另一方面是研究人员选定的课题,这就首先应该明确“为什么要进行这项科学研究”,也即通过此项研究所要达到的目的是什么,要解决什么问题,以及在科研生产中的效果如何。

选题时应注意以下4点:

(1) 重要性

不论是理论性研究还是应用性研究,选题时必须明确其意义或重要性。理论性研究着重看所选课题在未来学科发展上的重要性;应用性研究则着重看其对未来生产发展的作用和潜力。

(2) 必要性和实用性

要着眼于本学科、行业科学研究和生产中急需解决的问题,同时从发展的观点出发,适当考虑将来可能出现的问题。

(3) 先进性和创新性

在了解国内外在该研究领域的进展、水平等基础上,选择前人未解决或未完全解决的问题,以期在理论、观点、方法或应用等方面有所突破,即要有自己的新颖之处。

(4) 可行性

即完成科研课题的可能性,无论是从主观条件还是客观条件方面都要能保证完成研究课题。

2) 研究依据、内容及预期达到的经济技术指标

课题明确后,通过查阅国内外有关文献资料,阐明项目的科学意义和应用前景、国内外学术界在该领域的研究概况、水平和发展趋势以及理论依据、特色和创新之处,详细说明项目的具体研究内容和重点解决的问题,以及取得成果后应用推广计划、预期达到的经济技术指标及预期的技术或理论水平等。

3) 拟采取的试验设计方法及试验方案

试验方案是全部试验工作的核心部分,主要包括所研究的因素、水平的选择及试验设计方法的确定。方案确定后要结合试验条件适时调整试验设计方法,通过设计使方案进一步具体化、最优化。

4) 试验结果的分析方法、研究成果的经济或社会效益估算

试验结束后,对各阶段取得的资料要进行整理分析,因此,要明确应采用的统计分析方法。每一种试验设计都有相应的统计分析方法,分析方法不正确,必然会导致错误的结论。同时,应估算研究成果可能获得的经济或社会效益。

5) 研究所需要的条件

除已具备的条件外,本试验研究尚需的条件还包括如经费、药品、试剂、仪器设备的数量和要求以及受试材料的数量和要求等。受试材料即受试对象。首先应当明确受试对象所组成的研究总体,而后正确选择受试材料。受试材料选择的正确与否直接关系到试验结论的正确性。因此,受试材料力求均匀一致,应明确规定受试材料的入选标准和排除标准。

6) 试验记录的项目与要求

为收集分析结果所需要的各方面的资料,事先应以表格的形式列出需要观察的指标与要求等。

7) 已具备的基础条件和研究进度安排

已具备的基础条件主要包括过去的研究工作基础或预试情况、现有的主要仪器设备、研究技术人员及协作条件、经费情况等。研究进度安排可根据不同内容按日期、分阶段进行安排,定期写出总结报告。

8) 参加研究人员的分工

一般分为主持人、主研人、参加人。课题组成人员应结构合理、优势互补,确保试验研究的连续性、稳定性及完整性。

9) 试验的时间、地点和工作人员

试验的时间、地点要安排合适,工作人员要固定并参加一定培训,以保证试验正常进行。

10) 成果鉴定及发表学术论文

这是整个研究工作的最后阶段。课题结束后,应召开鉴定会议,由同行专家作评价。研究者应以撰写学术论文、研究报告的方式发表自己的研究成果,根据试验结果作出理论分析,阐明事物的内在规律,提出自己的见解、新的学术观点或新的研究内容,将研究深入进行。

1.2.2 试验因素和因素水平的确定

1) 试验因素

试验中对试验指标可能产生影响的原因或要素称为试验因素,也称为因子。例如,酱油质量受原料、曲种、发酵时间、发酵温度、制曲方式、发酵工艺等方面的影响,这些都是影响酱油质量的因素。它们有的是连续变化的定量因素,有的是离散状态的定性因素。

由于客观条件的限制,在一次试验中不可能将每个因素都考虑进去。把试验中对试验指标影响重要的因素称为试验因素,通常用大写字母 A, B, C, \dots 表示;把除试验因素外其他所有对试验指标有影响的因素称为条件因素,又称试验条件。例如,增稠剂用量、pH 值和杀菌温度就是影响豆奶稳定性的试验因素,这 3 个因素以外的其他所有影响豆奶稳定性的因素都是条件因素。考察一个试验因素的试验,称为单因素试验,考察两个或两个以上因素的试验,称为多因素试验。

试验设计中,因素与指标的关系虽然类似于数学中自变量与因变量的关系,但其并非是确定的函数关系,必须运用数理统计的原理和方法获得其之间的相关关系。

为保证结论的可靠性,在选取因素时应把所有影响较大的因素选入试验,这里应当指出,某些因素之间还存在着交互作用。所谓交互作用,就是这些因素在同时改变水平时,其效果会超过单独改变某一因素水平时的效果。因此,影响较大的因素还应包括那些单独变化水平时效果不显著,而与其他因素同时变化水平时交互作用较大的因素,这样试验结果才具有代表性。如果设计试验时漏掉了影响较大的因素,那么只要这些因素水平一改变,结果就会变化,最佳工况是否是 $A:B$ 就成问题了。因此,为保证结论的可靠性,设计试验时就应把所有影响较大的因素选入试验,进行全组合试验。一般而言,选入的因素越多越好。在近代工程中,20~50 个因素的试验并不罕见,但从充分发挥试验设计方法的效果来看,以 7~8 个因素为宜。当然,不同的试验选取因素的数目也会不一样,因素的多少决定于客观事物本身和试验目的的要求,而当因素有交互作用影响时,如何处理交互作用是试验设计中另一个极为重要的问题。关于交互作用的处理方法将在正交试验中介绍。