



全国高等农林院校“十一五”规划教材

试验设计与统计分析 学习指导

黄亚群 主编

 中国农业出版社

欢迎登录：全国农业教育教材网
<http://www.nongyejiaocai.com>

本书采用出版物数码防伪系统
刮开涂层将16位防伪密码发短信至95081280
免费查询 辨别真伪
详情请查询中国扫黄打非网
<http://www.shdf.gov.cn>
防伪、网络增值服务说明见书内“郑重声明”页

明码 6102 6867 3026 6701
密码 XXXXXXXXXX

封面设计 陈 媛

ISBN 978-7-109-12802-6



9 787109 128026 >

定价：36.50 元

全国高等农林院校“十一五”规划教材

试验设计与统计分析 学 习 指 导

黄亚群 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

试验设计与统计分析学习指导/黄亚群主编. —北京:
中国农业出版社, 2008. 8
全国高等农林院校“十一五”规划教材
ISBN 978-7-109-12802-6

I. 试… II. 黄… III. ①试验设计(数学)-高等学校-
教学参考资料②统计分析(数学)-高等学校-教学参
考资料 IV. 0212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 103254 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100125)
责任编辑 李国忠

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 25
字数: 618 千字
定价: 36.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 黄亚群（河北农业大学）

副主编 （按姓氏汉语拼音排序）

高利萍（内蒙古农业大学）

詹秋文（安徽科技学院）

周美兰（湖南农业大学）

编 者 （按姓氏汉语拼音排序）

陈志斌（沈阳农业大学）

崔党群（河南农业大学）

高利萍（内蒙古农业大学）

关 欣（沈阳农业大学）

郭凤霞（甘肃农业大学）

黄亚群（河北农业大学）

刘永健（四川农业大学）

单红丽（四川农业大学）

唐燕琼（海南大学）

田梦良（四川农业大学）

王玉顺（山西农业大学）

詹秋文（安徽科技学院）

张树光（黑龙江八一农垦大学）

周美兰（湖南农业大学）

前 言

《试验设计与统计分析学习指导》是全国高等农林院校“十一五”规划教材《试验设计与统计分析》的配套教材。本教材分两部分。第一部分，按《试验设计与统计分析》的章节顺序将课程重点内容进行总结概括，并以判断题、填空题、选择题、简答题和计算题等多种形式再现，每章均按学习要点、典型题型分析、练习题和练习题参考答案体系编写。第二部分是综合练习，含有 16 套模拟试卷及其参考答案。

编写《试验设计与统计分析学习指导》的目的在于希望提高学生的分析问题和解决问题的能力，对各种试验设计以及统计分析方法的使用起到示范作用，故在典型题型分析中较为详尽的叙述了解题思路和解题步骤，并将一些中间计算结果列出，便于学生理解。

本教材除了可以作为课程配套教材之外，还可作为科技工作的参考书。书中列举了大量的习题及其解答，每个习题与解答都可以看成是统计学实例。从这些实例中读者可以体会到如何针对一个实际问题进行试验设计、数据分析和结果解释。

本教材也可以作为生物统计学等课程的试题库。书中所提供的 16 套模拟试卷均按 100 分设计，并给出了参考答案。

参加本教材第一部分编写的人员有张树光（黑龙江八一农垦大学，编写第一章和第十二章）、黄亚群（河北农业大学，编写第二章）、高利萍（内蒙古农业大学，编写第三章）、王玉顺（山西农业大学，编写第四章）、崔党群（河南农业大学，编写第五章）、唐燕琼（海南大学，编写第六章）、詹秋文（安徽科技学院，编写第七章）、周美兰（湖南农业大学，编写第八章）、郭凤霞（甘肃农业大学，编写第九章）、单红丽（四川农业大学，编写第十章）、陈志斌和关欣（沈阳农业大学，编写第十二章）。黄亚群、詹秋文、郭凤霞、高利萍、唐燕琼、张树光、刘永健、田梦良参与了模拟试卷的编写。黄亚群、詹秋文、高利萍和周美兰负责审稿；最后，由黄亚群修正、充实和定稿。

前 言

本教材引用了一些文献的例题和图表，在此谨向有关作者表示诚挚的谢意，向中国农业出版社和有关院校领导为本书出版所给予的支持表示感谢。

由于我们的水平有限，不当之处在所难免，敬请专家和读者批评指正，以便今后修订。

编 者

2008年5月

目 录

前言

第一部分 学习指导与练习

第 1 章 绪论	1
1.1 学习要点	1
1.2 典型题型分析	3
1.3 练习题	5
1.4 练习题参考答案	6
第 2 章 试验的设计和实施	8
2.1 学习要点	8
2.2 典型题型分析	13
2.3 练习题	16
2.4 练习题参考答案	21
第 3 章 描述性统计	26
3.1 学习要点	26
3.2 典型题型分析	32
3.3 练习题	38
3.4 练习题参考答案	40
第 4 章 概率分布	43
4.1 学习要点	43
4.2 典型题型分析	47
4.3 练习题	67
4.4 练习题参考答案	74
第 5 章 统计推断	81
5.1 学习要点	81
5.2 典型题型分析	90
5.3 练习题	99
5.4 练习题参考答案	103

第 6 章 χ^2 检验	110
6.1 学习要点	110
6.2 典型题型分析	112
6.3 练习题	117
6.4 练习题参考答案	120
第 7 章 方差分析	127
7.1 学习要点	127
7.2 典型题型分析	130
7.3 练习题	139
7.4 练习题参考答案	141
第 8 章 单因素试验的统计分析	147
8.1 学习要点	147
8.2 典型题例分析	153
8.3 练习题	177
8.4 练习题参考答案	182
第 9 章 多因素试验的统计分析	193
9.1 学习要点	193
9.2 典型题型分析	193
9.3 练习题	225
9.4 练习题参考答案	226
第 10 章 直线回归与相关	228
10.1 学习要点	228
10.2 典型题例分析	232
10.3 练习题	237
10.4 练习题参考答案	243
第 11 章 多元线性回归与相关	252
11.1 学习要点	252
11.2 典型题型分析	253
11.3 练习题	268
11.4 练习题参考答案	272
第 12 章 非线性回归	284
12.1 学习要点	284

12.2 典型题型分析.....	287
12.3 练习题	295
12.4 练习题参考答案	298

第二部分 综合练习

1. 模拟试卷	308
模拟试卷一	308
模拟试卷二	310
模拟试卷三	313
模拟试卷四	315
模拟试卷五	317
模拟试卷六	320
模拟试卷七	322
模拟试卷八	324
模拟试卷九	326
模拟试卷十	329
模拟试卷十一	331
模拟试卷十二	334
模拟试卷十三	337
模拟试卷十四	340
模拟试卷十五	343
模拟试卷十六	346
2 模拟试卷参考答案	350
模拟试卷一参考答案.....	350
模拟试卷二参考答案.....	352
模拟试卷三参考答案.....	354
模拟试卷四参考答案.....	357
模拟试卷五参考答案.....	359
模拟试卷六参考答案.....	362
模拟试卷七参考答案.....	364
模拟试卷八参考答案.....	367
模拟试卷九参考答案.....	369
模拟试卷十参考答案.....	372
模拟试卷十一参考答案	375

目 录

模拟试卷十二参考答案	377
模拟试卷十三参考答案	379
模拟试卷十四参考答案	382
模拟试卷十五参考答案	384
模拟试卷十六参考答案	386
主要参考文献	389

第一部分 学习指导与练习

第 1 章 绪 论

1.1 学习要点

1.1.1 农业科学试验的任务

农业科学试验就是回答农业生产和科研所提出的问题。

其任务归纳为：①总结农业生产实践经验，使其逐步上升为理论，成为指导大面积农业生产的一般原则。②改进某些已知的关键技术，剖析综合措施中若干技术效应的相对重要性。③考察、推广新的成果，客观地评价其推广价值和应用范围。④发展农业科学理论。要严格控制某些条件，突出要研究的因素，提供原生产上尚未明确的新的事实，以形成新的科学观念或假定。同时，可以一定的科学观念或假定为前提，设计出相应的试验来验证其正确性。

农业科学试验主要形式是田间试验，辅助于实验室试验、温室试验以及人工气候箱（室）试验。

1.1.2 农业科学试验的基本要求

农业科学试验种类繁多，试验条件复杂多变、难以控制，研究的对象是生物体和生命过程，不同于理、化、机械、工程等研究。因此，进行农业科学试验的基本要求是：试验目的要明确、试验条件要有代表性、试验结果要可靠以及试验结果要能够重复，即中文版著作归纳的 4 个“要”或英文版著作归纳的同义的 4 个“R”（rationale, representativeness, reliability, replication）。明确试验目的是解决当时当地农业生产和科研中急需解决的理论或实际问题，并适当照顾到在不久的将来即将突现的问题和长远的问题。试验安排在能代表试验结果预期推广地区的自然条件（地势、土壤和气候等）和生产条件（种植制度、施肥水平和水利条件等）上。获得精准度均高的试验结果。试验结果的重演性是指在相同的条件下再次进行统一试验，应能获得与原试验相同结果。

4 个“要”是对一个农业科学试验项目从研究方向确定、试验方案拟定、田间设计与区划、试验管理、抽样调查分析一直到测产、考种、数据整理和统计分析全过程的指导方针。

1.1.3 试验误差、来源及其控制

把试验观察值中非处理因素的效应称为试验偏差。试验偏差分为两种类型，第一种是由于试验材料和处理以外其他条件明显而有规律、有方向的不一致而造成的定向性偏差，称为系统误差或片面误差。另一种是由那些难以预测和控制的偶然因素造成的无规律、偶然的偏差，称为随机误差。通常所说的试验误差都是指由于偶然因素造成的试验观察值与处理理论真值之间的无规律的偏差，简称误差。

农业田间试验研究的对象是生物体和生命过程，在较长的试验周期中，试验作物的生长发育既遵循着自身的特有的规律，又对外界环境条件有敏感的反应。同时，试验是在野外大田进行，环境条件复杂多变，难以控制。归纳起来，农业科学试验的误差有以下几种来源：a. 供试材料在遗传和生长发育上的差异或其他在试验之前就已经存在的差异，如种子、秧苗或砧木的大小不一致，化肥或农药的有效成分含量不一致等。b. 试验过程中操作质量不一致所引起的差异，如播种的深浅和密度；中耕除草、灌溉、施肥等操作和管理方面在质量上不完全一致；对性状观察和测定时，各处理的观察时间、标准、人员和所用工具或仪器等不完全一致等。c. 试验的外界条件的差异〔如供试田块土壤差异及肥力不均匀、害虫的不均匀分布、人畜践踏以及其他人力尚无法控制的自然因素（风雨、冰雹）〕引起的差异等。

以上所述的各项差异都在不同程度上影响处理效应的表现而构成试验误差，因此，在试验过程中应采取选择同质一致的试验材料，改进试验操作和管理技术，控制试验土壤差异及肥力不均匀、害虫的不均匀分布等外界条件的差异。其中，土壤肥力不均匀所引起的误差对试验的影响最大，是误差控制的重点。

1.1.4 田间试验中试验地的土壤差异与试验地的选择

土壤差异表现主要有两种形式，一种是肥力高低变化较有规律，即其肥力从试验田的一边到另一边是逐渐改变的；另一种是肥力差异面积的大小、分布无一定规律，即斑块差异，有严重斑块差异的地块不宜用做试验地。

可通过观察前茬作物的生长发育情况判定土壤差异，即目测法。也可以通过空白试验方法来判定土壤差异，即在整个试验地上种植植株较小而适宜密植的谷类作物，播种要均匀，各项田间管理措施要一致、均匀。仔细观察和记载作物的生长变化情况，对有严重缺苗和病虫害的地段要有明确的标注，作为最后分析时的参考。收获时将整块地划分成若干面积相等的小区，分开收获并测产，通过分析各小区的测产数据来估计土壤肥力的差异，获得较为精确的结论。

在选择和使用试验地时注意以下几个问题：a. 选择土壤肥力、排灌条件、农业生产水平等方面与服务地区相适宜的试验地。b. 土壤结构和肥力应均匀一致。那些已进行过肥料试验、种植过生长期不同的品种或采用过不同种植密度的地块，都不宜选择做试验地。如选用了这样的地块做试验地时，应该进行一次或多次的匀田种植或轮作。c. 选用地势平坦、阳光充足，四周有较大空旷地的地块。如选用了坡地，应选择向阳的缓坡地带。有排灌要求的试验应注意试验地的

排灌条件。在试验地的周围可种植相同的作物以避免试验处理受到外来因素的偶然侵害。d. 供试地块要有使用记录，有条件的最好采用轮换制。

试验误差和试验中发生的错误是不同的，错误是指未按试验方案的规定设置和实施处理和管理的现象。在试验过程中，错误是不允许发生的，而试验误差却是不可能完全避免的。但是，试验者可针对试验误差的来源采取不同的措施来降低误差，以提高试验的准确性。

1.1.5 几个统计学上的概念

个体 是试验研究中的最基本的统计单位，可从中获得一个观察值。根据田间试验的研究目的和条件，个体可以是一种作物、一个品种、一株植株、一个麦穗或一粒小麦种子等。

总体 指研究对象的全部个体，是具有某种共同性质或符合一定条件的所有个体的集合。根据总体中包含的个体数目，总体可分为包含有限个个体的有限总体和包含无限个个体的无限总体。

样本 是为了观察和研究总体而从总体中抽取的部分个体。

随机样本 指由总体中随机抽取的个体组成的样本。

样本容量 指组成样本的个体的数目。通常以样本容量 30 为界，样本容量大于 30 的为大样本，样本容量小于 30 的为小样本。

观察值 指对个体性状的测定或统计值。观察值是一个个具体的数值。

变量 指同一性状或同类个体观察值的集合。变量不是一个或几个具体的数值，而是有多种可能取值的数组。

统计数 是由样本内所有个体的观察值计算而得的样本特征数。

参数 是由总体的所有个体的观察值计算而得的总体特征数。

定量资料 指对数量性状进行测量或称量得出的数据，呈连续的变异分布。

定性资料 指对质量性状计数或分组计数得出的数据，呈不连续的间断分布。

定量资料和定性资料区别不是绝对的。在一定条件下，数量性状也可以在测量的基础上进行分组计数而获得定性资料，质量性状也可以进行数量化处理而获得定量资料。

1.2 典型题型分析

例 1.1 在下面叙述中你认为正确的括号上标注“√”号。

试验中发生的系统误差将影响试验的（精确度）（准确度），而随机误差将影响试验的（精确度）（准确度）。

【解题思路】 系统误差表现为非处理因素对试验处理效应有规律、有方向的影响，如测量所用的度量衡仪器设备的不标准、土壤肥力随地域空间尺度的变化而表现出的梯度式变化等。这类误差经过认真研究分析，是可以将其影响消除的。例如，校准测量仪器设备、对土壤梯度式肥力变化实施控制等。但其对试验目标性状的影响是一致的或有规律的偏差，其影响并不因处理的改变而改变，一般也不会造成在同一性状重复观察值间精确度的降低，形象的比喻：准星的偏差会

使射手弹着点一致偏离靶心，但一般不会使弹着点散布面积扩大。因此，第一个判断点应选择“准确度”。

随机误差是各种无规律、相互独立的偶然影响对试验目标性状综合作用的结果。概率知识告诉我们，随机误差造成的观察值与试验处理真值的差异的期望值为零，其无论大或小理论上都不会产生偏差。对随机误差可通过认真细致地试验管理以及适当的试验设计技术来有效降低，但无法完全消除。由此可知，管理粗放（即随机误差过大）的试验一定会使同一性状各重复观察值间差异变大，即精确度变差。由此，第二个判断应该选择“精确度”。

例 1.2 请为下列叙述中以下划线标出的空格部分选择备选答案中的正确解答（将标记字母写在空格部分）。

由总体全部个体观察值计算得到的有关总体的特征数称为_____。

- A. 变量 B. 统计数 C. 参数 D. 总体平均数

【解题思路】 这类题目给出多个备选答案，一般 3~5 个。在备选答案中，有易于识别的，一般也会有易于混淆的。选择题一般都是一些常用的和易于混淆的概念，如果概念清晰，解题速度会很快；如果概念不甚清晰，则可采用剔除法，将易于识别的错误答案剔除，以缩小选择范围。本题正确答案为 C。本题答案 A 和 B 应该是易于剔除的，这样即使概念没有弄清楚，在剩下的答案中随机选择至少还有 50% 的正确概率。以往考试的经验表明，经常会有同学被题目中一再强调的“总体”迷惑，而选择 D，殊不知这只是老师设置的考查同学概念清晰程度的思维陷阱。

例 1.3 试验地肥力差异是田间试验最重要的误差来源，土壤肥力差异通常表现为_____土壤肥力差异和_____土壤肥力差异两种形式，为考察和减小试验地土壤肥力差异，通常可采用_____法和_____法两种方法。

【解题思路】 现代的标准考核试题经常使用填空题形式，与判断题和选择题比较，填空题较少来自题目本身的提示和偶然性的影响，基本需要学生从自己掌握的知识中搜集整理和做出判断，这类题目一般较少要求填入大段的对定义、名词、术语的解释（但在一张卷中，也常会出现少量这类填空），因为现代教育理论最看中的不是强化机械记忆能力，而是对知识的敏感性和辨别力。

本题答案依次为“梯度式”、“斑块状”、“空白试验”、“匀田种植”。

例 1.4 农业科学研究除了田间试验外还有许多其他形式，而且随着科学技术的发展和进步还会有更新的形式出现，为什么说田间试验的主体地位是不可替代的？

【解题思路】 简答题是要求学生将书本上介绍的知识和老师讲解的内容在理解的基础上进行综合，以自己的语言表述出来，因此，答案的语句及组织形式并不惟一，是对记忆型知识的考核形式中比较灵活的一种题型，要求也相对宽泛，只要学生对必要的知识点没有遗漏，没有概念的混淆，即可得分。当然，对后续章节中涉及实际应用的内容，考核学生独立思考和融会贯通能力的时候，也时常采用这一题型。

这道题要考核的知识点就是这样两点：①作物生长与其所处的环境条件密不可分，环境因素是复杂的，而且，每一个农业生态环境都是惟一的。②复杂的农业生态环境不可能采取简化的办法，用某些发育片段或某几个控制因素（即使强化程度很高）下的结果概括和代替。

在实践上,因为违背这一原则,因而使农业生产蒙受损失的鲜活事例很多。为使学生对这一农业科技工作者的基本准则:“一切用于指导农业生产的新技术措施,必须经过田间试验”,印象深刻,可以而且应该让学生知道这些情况。

1.3 练习题

1.3.1 填空题

(1) 统计学上把试验中某一性状的观察值与其对应真值的接近程度称为_____,把试验中某一性状重复观察值间彼此接近的程度称为_____。

(2) 非处理因素产生的对试验目标性状的影响称为试验偏差,根据试验偏差产生的原因及表现形式的不同可将其分为两类,通过矫正或实施控制可予以消除的一类偏差称为_____,而通过合理的试验设计和精心管理可以减小,但无法完全消除的一类偏差称为_____。

(3) 试验误差的来源可概括为3项,例如,品种比较试验中,由于品种存在混杂退化造成的试验误差可归为_____;由于中耕除草伤苗而对试验造成的影响可归为_____;由于暴风雨造成部分试验作物折断、倒伏所造成的影响可归为_____。

(4) 试验地的土壤肥力差异有两种基本的表现形式,一种是土壤肥力呈现较有规律的逐渐变化,我们称其为_____;另一类则肥力异常区呈现面积、形状和分布均无规律的斑块状变化,我们称这种土壤肥力类型为_____。

(5) 在农业科研实践上,有两种常用的方法用来处理有明显土壤肥力差异的试验地,一种方法既可降低土壤肥力差异,又可估测土壤肥力差异,这种方法就是_____;另一种方法仅能降低土壤肥力的差异,称为_____。

1.3.2 简答题

(1) 什么是田间试验?为什么说田间试验在农业科学研究试验体系中的作用是不可替代的?

(2) 指出在下列田间试验实例中,各违背了田间试验的哪项要求?

① 某乡镇农业技术推广站所在地区,多年来因在配置品种的积温要求问题上考虑不当,造成该地配置的品种多超过了积温要求安全线,以至因不同程度的低温、冷害、早霜而频频受灾,产量大起大落,已成为限制该地农业生产的瓶颈因素,但推广站研究项目中并没有将这一问题列入研究计划,予以解决,而是热衷于与高校、科研单位合作搞所谓“高、精、尖”研究项目。

② 某农业害虫,由于尝试了若干种防治方法而收效甚微,因此设计了采用“六六六”和“滴滴涕”的杀灭试验。

③ 由于果树个体间存在较大的差异,因而有人提出采用同一群个体进行试验,第一年常规管理作为对照,第二年施加某处理,将二者进行比较,以给出对该处理效果的评价。

④ 某白菜试验,缺苗严重,而且各小区缺苗差异较大。试验者提出为消除缺苗造成的影响,在每小区调查相同的株数,以其平均值代替小区平均值比较各处理间的差异。

(3) 对东北三江平原农田地下害虫金针虫进行抽样调查, 随机抽 6 样点, 每样点筛查 1m^2 耕层土壤, 得结果为 (头/ m^2): 6、3、1、4、0、5。试指出本例中总体、个体、样本、变量和观察值分别是什么?

(4) 举例说明, 什么是定量资料? 定量资料分成哪两类? 二者在来源和数学特性上有什么不同?

(5) 举例说明, 什么是定性资料? 什么是定性资料的数量化处理?

1.4 练习题参考答案

1.4.1 填空题参考答案

- (1) 准确度 精确度
- (2) 系统误差 随机误差
- (3) 试验材料固有的差异 试验管理、调查等工作中因操作而产生的差异 试验外界环境条件造成的差异
- (4) 梯度式差异 斑块式差异
- (5) 空白试验 匀田种植

1.4.2 简答题参考答案

(1) 答: 为探索作物生长规律或农业生产新技术而在田间进行的科学试验, 称为田间试验。

随着材料科学、基础科学和信息科学的飞速发展, 生物和农业科学试验的形式和手段日益多样, 除已有的温室试验、网室试验、实验室试验、盆栽试验和微区试验外, 还有较新的人工气候室试验、计算机模拟试验等。但由于下面的原因, 田间试验在农业科学试验研究体系中的重要地位不可替代, 这就是: 作物生长与其所处的环境条件密不可分, 环境因素是复杂的, 而且, 每一个农业生态环境都是惟一的, 作物遗传构成上的特殊性和每一农业生态环境的特殊性决定了对特定试验要求的特殊性; 复杂的农业生态环境不可能采取简化的办法, 用某些发育片段或某几个控制因素 (即使强化程度很高) 下的结果概括、代替和模拟。

(2) 答:

① 本例违背了田间试验“试验目的要明确”的要求。农业科学试验的首要任务是解决当前农业生产中迫切需要解决的问题, 包括对生产的限制性问题和生产的发展问题, 也即实践上常说的“生产提问题, 科研做解答”, 这一原则应是农业科研工作者的工作宗旨和农业科研目的性的定义。

② 本例违背了“试验条件要有代表性”的要求。法律早已明令禁止例中所列的高残留、高污染剧毒农药的生产和使用, 虽然在黑市上仍有违法销售情况的存在, 但作为农业科技工作者应该使自己的研究成果不仅符合推广地区的自然条件 and 生产条件, 更应符合法律规范, 符合生态建设和环境保护的条件。