



21世纪 高等职业教育通用教材

田间试验与 生物统计

白世红 主编

上海交通大学出版社

21 世纪高等职业教育通用教材

田间试验与生物统计

主 编 白世红
副主编 王志武 卢胜西
黄宝孙 梅 忠

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书为高等职业技术教育通用教材,以“必需、够用”为原则,强调应用性。本书分七章,内容主要包括田间试验、数据整理、概率基础知识、统计推断、方差分析、回归分析等。

本书可供高等职业技术教育的相关院校农林专业师生使用,也可供广大基层农林工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

田间试验与生物统计/白世红主编. —上海:上海交通大学出版社,2003

21世纪高等职业教育通用教材

ISBN7-313-03290-0

I. 田... II. 白... III. 生物统计—应用—田间试验—高等学校:技术学校—教材 IV. S3-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 003063 号

田间试验与生物统计

白世红 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

上海锦佳装璜印刷发展公司 印刷 全国新华书店经销
开本:787mm×1092mm 1/16 印张:13 字数:312千字

2003年3月第1版 2003年3月第1次印刷

印数:1-3050

ISBN7-313-03290-0/S·578 定价:20.00元

21 世纪高等职业技术教育通用教材

编 审 委 员 会

主 任 名 单

(以姓氏笔划为序)

编审委员会顾问

白同朔 詹平华

编审委员会名誉主任

王式正 叶春生

编审委员会主任

闵光太 潘立本

编审委员会常务副主任

东鲁红

编审委员会副主任

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 王永祥 | 王俊堂 | 王继东 | 牛宝林 |
| 东鲁红 | 冯伟国 | 朱家建 | 朱懿心 |
| 吴惠荣 | 房世荣 | 郑桂富 | 赵祥大 |
| 秦士嘉 | 黄 斌 | 黄永刚 | 常立学 |
| 薛志信 | | | |

序

发展高等职业技术教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》、实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

近年来,年青的高等职业教育以自己鲜明的特色,独树一帜,打破了高等教育界传统大学一统天下的局面,在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面,做出了重大贡献。从而在世界范围内日益受到重视,得到迅速发展。

我国改革开放不久,从1980年开始,在一些经济发展较快的中心城市就先后开办了一批职业大学。1985年,中共中央、国务院在关于教育体制改革的决定中提出,要建立从初级到高级的职业教育体系,并与普通教育相沟通。1996年《中华人民共和国职业教育法》的颁布,从法律上规定了高等职业教育的地位和作用。目前,我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇:职业大学、高等专科学校和成人高校正在积极发展专科层次的高等职业教育;部分民办高校也在试办高等职业教育;一些本科院校也建立了高等职业技术学院,为发展本科层次的高等职业教育进行探索。国家学位委员会1997年会议决定,设立工程硕士、医疗专业硕士、教育专业硕士等学位,并指出,上述学位与工程学硕士、医学科学硕士、教育学硕士等学位是不同类型的同一层次。这就为培养更高层次的一线岗位人才开了先河。

高等职业教育本身具有鲜明的职业特征,这就要求我们在改革课程体系的基础上,认真研究和改革课程教学内容及教学方法,努力加强教材建设。但迄今为止,符合职业特点和需求的教材却还不多。由泰州职业技术学院、上海第二工业大学、金陵职业大学、扬州职业大学、彭城职业大学、沙洲职业工学院、上海交通高等职业技术学院、上海交通大学技术学院、上海汽车工业总公司职工大学、立信会计高等专科学校、江阴职工大学、江南学院、常州技术师范学院、苏州职业大学、锡山职业教育中心、上海商业职业技术学院、潍坊学院、上海工程技术大学等百余所院校长期从事高等职业教育、有丰富教学经验的资深教师共同编写的《21世纪高等职业技术教育通用教材》,将由上海交通大学出版社等陆续向读者朋友推出,这是一件值得庆贺的大好事,在此,我们表示衷心的祝贺。并向参加编写的全体教师表示敬意。

高职教育的教材面广量大,花色品种甚多,是一项浩繁而艰巨的工程,除了高职院校和出版社的继续努力外,还要靠国家教育部和省(市)教委加强领导,并设立高等职业教育教材基金,以资助教材编写工作,促进高职教育的发展和改革。高职教育以培养一线人才岗位与岗位群能力为中心,理论教学与实践训练并重,二者密切结合。我们在这方面的改革实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时,有关学校和教师要结合各校的实际情况和实训计划,加以灵活运用,并随着教学改革的深入,进行必要的充实、修改,使之日臻完善。

阳春三月,莺歌燕舞,百花齐放,愿我国高等职业教育及其教材建设如春天里的花园,群芳争妍,为我国的经济建设和社会发展作出应有的贡献!

叶春生

前 言

生物统计学是研究生物群体内个体的变异性和对性状观察过程中的误差进行研究的一门科学,它是统计学的一个分支,也是数量生物学的一个分支。

生物学发展到今天已进入了定量研究生命现象的阶段,需要运用数理统计学原理,分析和解释生物学上的数量变化,来正确设计试验及正确处理试验结果,并对试验结果作出科学的推断。

本书内容侧重于各种统计方法在生物学中的应用,而不强调各种公式的严格推导,但是尽可能地将各种公式的来龙去脉交代清楚,使读者能够对统计学的基本原理有一个全面的了解。全书共分七章,主要内容包括田间试验、数据整理、基本的概率基础知识、统计推断、方差分析、回归分析等,可在 56 学时内讲完。在此期间,可组织同学用 4 学时做一次抽样试验和一次双因素试验方差分析练习。书中列举了生物学中经常遇到的实例,每章之后附有一定数量的习题,可供练习。

本书由白世红担任主编,参加编写的有:浙江金华职业技术学院梅忠(第 1、2 章),山东农业大学卢胜西、周琨(第 3 章),王志武(第 4 章),白世红、李建华(绪论、第 6 章),山东潍坊高等职业技术学院王佰林(第 5 章),广西南宁职业技术学院黄宝孙、黄在猛(第 7 章)。最后由主编统一审稿定稿。

由于我们水平所限,加以编写时间仓促,教材中难免有错误和不妥之处,敬请批评指正,以便再版时订正。

编者

2003 年 1 月

目 录

| | |
|------------------|----|
| 绪论 | 1 |
| 1 田间试验 | 3 |
| 1.1 田间试验的任务和要求 | 3 |
| 1.2 试验方案 | 4 |
| 1.3 试验误差及其控制途径 | 6 |
| 1.4 田间试验设计的原则 | 13 |
| 1.5 常用的田间试验设计 | 14 |
| 1.6 田间试验的布置和管理 | 18 |
| 1.7 田间试验的观察记载和测定 | 23 |
| 思考题 | 24 |
| 习题 1 | 24 |
| 2 数据整理 | 25 |
| 2.1 总体和样本的概念 | 25 |
| 2.2 次数分布 | 26 |
| 2.3 平均数 | 34 |
| 2.4 变异数 | 36 |
| 思考题 | 42 |
| 习题 2 | 42 |
| 3 随机事件与概率 | 44 |
| 3.1 随机事件 | 44 |
| 3.2 事件的概率 | 48 |
| 3.3 概率的加法公式和乘法公式 | 52 |
| 思考题 | 57 |
| 习题 3 | 57 |
| 4 随机变量及其理论分布 | 59 |
| 4.1 随机变量 | 59 |
| 4.2 二项分布 | 63 |
| 4.3 正态分布 | 65 |
| 4.4 随机变量的数学期望与方差 | 73 |

| | |
|-----------------------|------------|
| 4.5 抽样分布 | 78 |
| 思考题 | 87 |
| 习题 4 | 87 |
| 5 统计推断 | 89 |
| 5.1 统计推断的意义 | 89 |
| 5.2 统计假设检验 | 89 |
| 5.3 一个正态总体平均数的假设检验 | 92 |
| 5.4 两个正态总体平均数的假设检验 | 94 |
| 5.5 百分数的假设检验 | 99 |
| 5.6 参数估计 | 104 |
| 5.7 卡平方(χ^2)检验 | 107 |
| 思考题 | 116 |
| 习题 5 | 116 |
| 6 方差分析 | 118 |
| 6.1 单因素方差分析 | 118 |
| 6.2 双因素方差分析 | 125 |
| 6.3 多重比较 | 134 |
| 6.4 数据转换 | 139 |
| 6.5 完全随机化试验设计的方差分析 | 142 |
| 6.6 随机区组试验设计的方差分析 | 144 |
| 6.7 拉丁方试验设计的方差分析 | 146 |
| 思考题 | 148 |
| 习题 6 | 148 |
| 7 相关和回归分析 | 151 |
| 7.1 相关与回归的基本概念 | 151 |
| 7.2 一元线性回归分析 | 152 |
| 7.3 线性相关分析 | 160 |
| 7.4 曲线回归 | 162 |
| 思考题 | 169 |
| 习题 7 | 169 |
| 习题答案 | 171 |
| 附表 | 174 |
| 1 随机数表 | 174 |
| 2 正交拉丁方表 | 175 |

| | | |
|----|--|-----|
| 3 | 正态分布的密度函数表 | 176 |
| 4 | 正态分布表 | 177 |
| 5 | 正态分布的双侧分位数(u_α)表 | 179 |
| 6 | χ^2 分布的上侧分位数(χ_α^2)表 | 180 |
| 7 | t 分布的双侧分位数(t_α)表 | 181 |
| 8 | F 检验的临界值(F_α)表 | 182 |
| 9 | 多重比较中的 q 表 | 187 |
| 10 | 新复极差检验 $\alpha=0.05$ 和 0.01 的 SSR 值表 | 189 |
| 11 | 多重比较中的 S 表 | 191 |
| 12 | 检验相关系数 $\rho=0$ 的临界值(r_α)表 | 193 |
| | 参考文献 | 194 |

绪 论

1. 生物统计与田间试验的概念

生物统计是数理统计在生物科学中的应用。它是用数理统计的原理和方法来分析、解释生物界各种现象和数量资料的科学,是在生物科学研究的过程中,逐渐与数学结合而形成的。因此,它是应用数学的一个分支,属于生物数学的范畴。

在生物科学研究中,我们所期望知道的是总体,而不是样本;可是在具体实践中,我们所得到的却是样本而不是总体。因此,生物统计在某种意义上来说,就是研究生物科学中以样本来推断总体的一门学科。

田间试验是在自然或田间条件下,通过控制某些试验条件,强化试验条件对试验对象的影响来研究农作物生长发育的规律及其与外界环境条件的关系,并运用这些规律去推动农业生产的发展。田间试验是最接近于大田生产条件的方法,它的结果可以为正确地评价农业科学成果提供可靠的科学依据。任何一项农业科研成果或先进技术措施的引进与推广,都必须首先通过田间试验的鉴定,考察在实践中的表现,才能避免盲目性,防止给农业生产造成损失。因此,田间试验在农业科学研究中具有不可代替的重要地位,是联系科学理论与实践的桥梁。

2. 生物统计的主要内容

开设本门课程的目的,是为了给林学、农学专业的专业课打好基础。生产和科学研究中常见的随机变量,都服从于一定的理论分布;而概率论与数理统计是从数量方面揭示和研究随机现象统计规律性的学科。概率论着重于提出各种理论化的数学模型,研究其内在的性质与相互联系。数理统计则以概率论为基础,着重于对观测数据进行分析研究,验证该随机现象是否符合某种理论分布模型,进而做出有用的判断。概率论与数理统计是紧密联系的学科,只是研究随机现象的侧重点不同。概率论侧重于数学原理方面的研究,而数理统计则侧重于应用,主要研究各种具体的统计方法。

生物统计的基本特点是以样本推断总体。如果在大样本情况下,就需要通过统计资料初步整理之后,再从资料中计算出三个主要的统计量,即平均数、标准差及标准误,用于根据样本推断总体的特征:一是资料的集中性,以平均数来表示;二是资料的离中性,以标准差来表示;三是衡量平均数的可靠性,用标准误的大小来表示。

在农业、林业生产或科学研究工作中,经常会遇到两组或两组以上数据的平均数。在它们之间进行比较,就有一个有无显著差异的问题,或者说孰优孰劣的问题。平均数之间的比较,要通过一定的统计方法,并且要注意抽样是否合理,否则它们将没有比较的基础。这就需要应用均数差异显著性检验或方差分析的统计方法,才能做出较可靠的结论。研究两个或两个以上随机变量之间的相互关系、变动规律以及与此有关的参数估计与假设检验等问题,数理统计中常用的一种方法是回归分析,根据实际数据建立回归方程式,用以对某些指标进行预测和预报。

本门课程的另一主要任务是讨论试验的原理和方法,主要是指如何选择试验材料,进行合理的分组等,其目的是为了尽量减少和控制试验误差,并对试验误差做出无偏估计。主要的设计方法有:对比试验的试验设计、完全随机化试验设计、随机区组试验设计、拉丁方试验设计等。为了使试验结果成为有用而可靠的科学资料,在开始试验之前,认真地进行试验设计是非常必要的。

3. 农学、林学生物统计的特点

(1) 资料绝大多数是计量的,计数资料占极少数,所以大多数资料可采用计量资料分析法,资料亦很少代换为其他单位。

(2) 一般来说,试验多为田间的,室内较少,所以误差较大,而且较难控制;但由于农业、林业选种和耕作处理效应相对来说仍然是比较大的,所以一般也不太要求过分灵敏的测验。

(3) 误差一般是试验误差重要于抽样误差。

(4) 试验单位一般为一块土地面积的概念。

(5) 农学、林学生物统计重视相关研究。抽样分析重视作物产量估计的研究。

4. 生物统计的发展概况

生物统计是一门新兴的学科。1870年英国遗传学家高尔顿(F. Galton)通过研究人类体高的遗传,认为子女的体高与父母的体高有着直接关系,发现子女的体高与他们父母平均的体高有回归的趋向。这就是数理统计中回归这个术语的由来,因而后人推崇他为生物统计的创始人。

正态分布对研究生物统计的理论是十分重要的。早在1733年被迪-摩弗来(De-Moivre)发现,而被后来的高斯(Gauss)所完成,因此,有人称它为高斯分布。

1899年皮尔逊(K. Pearson)提出了一个测量实际数与理论数之间的偏离度的指数卡方(χ^2),它在计数资料的统计分析中有着广泛的应用。古斯特(W. S. Gosset, 1876~1937)是皮尔逊的学生,它对样本标准差等分布做了不少研究工作,并且于1908年用“学生氏”的笔名将《*t*检验》发表于《生物统计学报》。*t*检验已成为当代生物统计工作基本工具之一。

1923年英国的费雪尔(R. A. Fisher)第一个把变异来源不同的均方(s^2)比值称为*F*值,当*F*值大于理论上5%概率水准的*F*值时,该项变异来源的必然性效应就从偶然性变量中分析出来。这个分析方法被称为方差分析。在生物统计中,方差分析应用是很广的。我国早在20世纪40年代,生物统计与田间试验已在农业科学试验中得到应用。近年来发展了数学在生物学和农学的应用,已成了一门生物数学的新学科,生物统计学只是它的一门分支学科。同时,随着新技术、新方法的出现和发展,尤其是计算机技术的发展,使得试验数据的统计分析变得日益精确和迅速。在农业、林业科学现代化的进程中,应用统计方法以及先进的试验设计来进行分析、研究,在今后工作中将越来越显得重要。

1 田间试验

1.1 田间试验的任务和要求

1.1.1 田间试验的任务

农业是国民经济的基础。我国是一个农业大国,农业生产在我国国民经济的发展中占有极为重要的地位。科学技术是第一生产力,农业生产的发展也离不开农业科学技术。大量的事实证明,应用和推广先进的农业科学技术能有力地促进农业生产的发展。然而,每项农业科学技术的研究与推广都离不开农业科学实验。通过科学的试验设计与试验技术,以及对于试验结果的合理分析,才能做出正确的结论,试验的成果才得以在生产上推广应用。

田间试验是农业试验的最主要形式。如一些引进的优良品种是否适应本地区,一些新选育的品种是否比原有品种更高产稳产,一些新技术措施是否比原有措施能增产等等,都必须在田间条件下进行试验,才能为这些问题的解答和科研成果的评定提供可靠的科学依据。

田间试验的基本任务是在大田自然环境条件下研究新的品种和新的技术,客观地评定具有各种优良特性的高产品种及其适应区域,正确地鉴定最有效的增产技术措施及其适应范围,使科研成果能够合理地应用和推广,发挥其在农业增产上的作用。

农业试验是在有人为控制的条件下进行的实践活动,主要包括:

- (1) 简单的品种试验,即将基因型不同的品种在相同的栽培条件下进行试验;
- (2) 简单的栽培试验,即将基因型相同的品种在不同的栽培条件下进行试验;
- (3) 品种和栽培相结合的试验,即将基因型不同的品种在不同的栽培条件下进行试验。

试验除以田间试验为主外,通常还要有实验室试验、盆栽试验、温室试验和大棚试验等的配合。

1.1.2 田间试验的要求

1.1.2.1 试验目的要明确

在制订合理的试验方案前,要大量阅读有关文献和进行相关的社会调查,做到选题明确,能估计到试验的预期结果及其在农业生产和科学实验中的作用。试验项目应首先针对当前的生产实践和科学实验中急需解决的问题,并适当地照顾到长远的和在不久的将来可能突出的问题。

1.1.2.2 试验条件要有代表性

试验条件应该能代表将来准备推广试验结果的地区的自然条件(如试验地土壤种类、地势、土壤肥力、气象条件等)与农业条件(如轮作制度、施肥水平等)。这样的试验结果一般能较

真实地反映新品种和新技术在实际生产中的表现,因而可以将试验结果直接应用于农业生产。同时,在进行试验时,既要考虑代表目前的条件,还应注意将来可能被广泛采用的条件,使试验结果既能符合当前需要,而又至不落后于今后生产发展的要求。

1.1.2.3 试验的结果要可靠

包括试验的准确度和精确度两个方面。在田间试验中,准确度是指试验中的某一性状的观察值与其理论真值的接近程度,越接近则准确度越高。但在一般试验中,真值为未知数,准确度不易确定。通常用对照处理,通过与对照的比较来了解试验结果的相对准确程度。精确度是指重复同一试验各次试验结果之间相接近的程度,也就是试验误差的大小。此项差异越小,说明试验误差越小,试验的精确程度越高。而田间试验容易受各种因素的干扰,从而影响试验的效果。所以必须强调试验在均匀一致的条件下进行,也就是说要遵循田间试验的惟一差异原则:即在试验中为了达到试验目的而将所研究的因素设置成不同的处理外,其他任何条件都应尽可能地一致,不允许有人为的差异存在。只有准确执行了各项试验技术,同时合理采用了试验设计和统计方法,才能提高试验结果的可靠性。

1.1.2.4 试验的重演性

在相同条件下,再重复进行同一试验或实践,应能获得与原试验相同或类似的结果。这对于推广试验成果至关重要。为了保证试验结果的重复获得,必须严格注意试验中的一系列环节。

(1) 应严格要求试验的正确执行和试验条件的代表性,以便创造相同的试验条件。而要做到这一点,精确的、完整的和及时的试验记录是十分必要的。记录应包括土壤、气候等条件的记录,各个阶段的农业措施的记录,以及植物各个生长发育时期的记录。

(2) 为保证试验结果能重演,可将试验在多种试验条件下进行。如进行品种区域化试验,就要求经过多年多点试验,以明确品种的适应范围,使品种在推广后能和原来的试验结果一致,取得预期的效果。

1.2 试验方案

1.2.1 试验方案的种类

试验方案就是根据试验目的与要求所拟定的要进行比较的一组试验处理的总和。农业与生物学研究中,生物的生长发育受多种因素的影响,既包括自然因素(如光、温、湿、气、土、病等),也包括栽培因素(如肥料、水分、生长素、农药、除草剂等)。田间试验就是从众多影响生物生长发育的因素中选择一个或几个因素进行试验,有意识地将该因素划分成不同的等级或状态,而将其他所有因素固定下来,使它们处于同一水平状态,组成相对一致的试验条件,以探索该因素对生物生长发育的影响。作为试验研究对象的因子称为试验因素,简称因素。试验因素的量的不同级别或质的不同状态称为水平。试验因素水平可以是定性的,如供试的品种不同,具有质的区别,称为质量水平;也可以是定量的,如种植密度的不同,具有量的差异,称为数量水平。数量水平不同级别间的差异可以是等距的,也可以不等距。

试验方案按其供试因子数的多少可以区分为以下三类：

1.2.1.1 单因素试验

单因素试验是指整个试验只变更、比较一个试验因素的不同水平，其他作为试验条件的因素均严格控制一致的试验。例如在育种试验中，将新育成的若干品种与原有品种进行比较，此时，品种是试验的惟一因素，在试验过程中，除品种不同外，其他环境条件和栽培管理措施都应严格控制一致。

单因素试验是一种最基本、最简单的试验方案，容易实施，所得结果易于分析，但不能了解因素间的相互关系，所得出的结论往往是初步的。

1.2.1.2 多因素试验

多因素试验是指在同一试验方案中包含两个或两个以上的试验因素，各个因素都分为不同的水平，其他试验条件均应严格控制一致的试验。各因素不同水平的组合称为处理组合。处理组合数是各供试因素水平数的乘积。

生物的生长发育受到多种因素的制约，各个因素之间往往相互影响，通过多因素试验不仅可以分别比较各个因素不同水平的优劣，还能了解不同因素间的相互作用，并能从中选出最优处理组合。

如进行甲、乙、丙 3 个品种与高、中、低 3 种施肥量的二因素试验，共有甲高、甲中、甲低、乙高、乙中、乙低、丙高、丙中、丙低等 $3 \times 3 = 9$ 个处理组合。这样的试验，除了可以明确两个试验因素分别的作用外，还可以了解 3 个品种对各种施肥量是否有不同的反应并从中选出最优处理组合。

多因素试验应在单因素试验的基础上进行，在一个试验中所研究的因素数目不易过多，每个因素的水平数也应加以控制，使总的处理数目不超过 20 个。一般多因素试验以二因素试验居多。

1.2.1.3 综合性试验

综合性试验是在较大面积上综合运用各种技术措施的对比试验。这也是一种多因素试验。综合性试验处理的往往是一系列经过实践初步证明的各因素水平的优良配套。所以这种试验必须在对于起主导作用的那些因素及其交互作用已基本清楚的基础上才好配置。综合性试验一般只有一个或少数几个处理组合，与当地常规的栽培方法进行大区比较，对于推广丰产经验，提高作物产量，它是一种迅速有效的方法。

1.2.2 拟定试验方案的要点

1.2.2.1 拟订试验方案前

应根据课题的要求，深入生产实际，了解生产现状，并阅读有关文献掌握前人的研究成果，从而使制定的试验方案充分体现试验的目的和要求，能针对主题确切而有效地解决问题。

1.2.2.2 根据试验目的确定供试因素及其水平

供试因素一般不易过多，每因素的水平数目也不宜过多，且各水平间距要适当，使各水平

能有明确区分,并把最佳水平范围包括在内。如通过喷施矮壮素以控制某种植物的生长,其浓度试验设置 50、100、150、200、250 mg/L 等 5 个水平,其间距为 50 mg/L。若间距缩小至 10 mg/L 便需增加许多处理,处理效应容易被试验误差掩盖,使相邻处理间的效应不明显;相反,若间距扩大至 100 mg/L,处理数变少,就容易漏掉最佳处理。再比如,要设置玉米不同种植密度的对比试验,我们先估计出当地当前种植的品种最适宜的种植密度大概是多少,然后以此为中心,按相等密度差距设置不同的处理,这样,所设置的处理范围就会包括实际的最适种植密度。另外,试验方案应力求简单,能用单因素试验解决问题最好,如果不行,再在单因素试验的基础上进行多因素试验,这样才能使试验得到较好的效果。

1.2.2.3 试验方案中应包括对照水平或处理,简称对照(CK)

对照处理是衡量各个处理优劣的标准,所以对照区也叫标准区。在一个试验中应该设置怎样的对照,需根据试验的目的和要求来定。要鉴定新育成的品种或新引进的品种是否有推广价值,就应该用当前大面积推广的品种作为对照品种;而栽培试验常采用当地广泛应用的常规栽培技术措施作为对照处理。

1.2.2.4 在设置对照处理时要全面考虑惟一差异的原则

这是指在进行处理比较时,其区别仅在于某一因素水平之间,所有其他条件应当完全一致。例如,要试验某种农药对防治某种病害是否有效,本应以不施药作为对照,但因农药需兑水喷施,故应以喷水作为对照处理,以消除喷水的效应引起的差异。

1.3 试验误差及其控制途径

1.3.1 试验误差的概念

田间试验的目的是希望获得有关试验处理的真实效果,也就是试验的真值,但因为许多非处理因素的干扰和影响,试验的真值一般不可能获得。这种因非处理因素的干扰和影响而造成的试验结果与真值的偏差,称为试验误差。这就好像打靶,靶心代表真值,射击的结果一般不可能正好击中靶心,击中心与靶心的偏差便是误差。试验误差可以分为两类:

1. 系统误差

是由于可以觉察的或可以鉴别的原因造成的偏差,这类误差叫系统误差。一般系统误差的存在使试验结果大体向一个方向偏斜。如由于施肥、中耕、灌溉等技术措施向一个方向偏离了试验要求;仪器的性能偏差或仪器调试的偏差;测定者测定习惯不好都会使观测数据经常偏高(或经常偏低)。理论上,系统误差是可以通过调整试验条件及仔细操作试验过程而加以控制,这要求研究人员熟知本领域中产生系统误差的常发性因素。但导致系统误差的原因可能不止一个,方向也不一定相同,所以有些偏差较难控制,其中经验的积累十分重要。

2. 随机误差

是由于在试验过程中一些人所难以控制的偶然因素的影响造成的,这类误差叫随机误差。如土壤肥力不规则的变化,病虫或鸟兽对试验的危害,试验材料的生理或遗传变异以及各项技术措施的微小差异等都会引起随机误差。随机误差是偶然性的,整个试验过程所涉及的随机

波动因素越多,试验的环节越多,时间越长,随机误差发生的可能性及波动程度便越大,它使观测值表现不规则变化。随机误差是不可能避免的,但可以减少。这就要求试验在尽可能一致的条件下进行,以尽量减少偶然因素的影响。

试验数据的优劣是相对于试验误差而言的。系统误差使数据偏离了其理论真值;随机误差使数据相互分散,因而系统误差影响了数据的准确性,而随机误差影响了数据的精确性。试验的精确度是可以鉴定的,但试验的准确度因试验的真值为未知而无法测出。试验的精确度高并不一定意味着试验准确可靠。好比打靶时由于枪支性能的偏差,虽然各次的击中点都很接近,但都偏离了靶心。如果消除了系统误差,则精确度和准确度便趋于一致。因此为了保证试验结果的正确性,必须针对各种可能的系统偏差原因预防多种多样的系统误差,同时尽量控制随机误差。图 1.1 用打靶的情况来比喻准确性和精确性。图(a)准确性和精确性皆佳;图(b)精确性好,但准确性差;图(c)准确性和精确性皆差;图(d)准确性还可以,但精确性差。

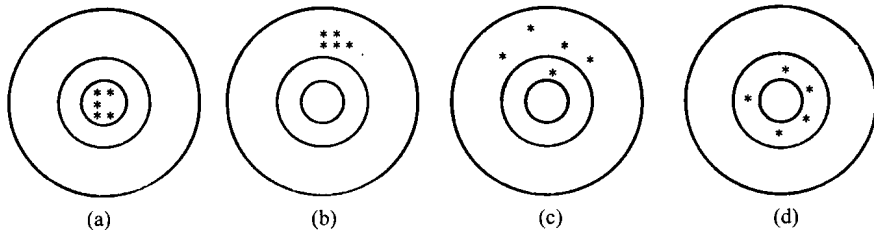


图 1.1 由打靶图示试验的准确性和精确性

1.3.2 试验误差的来源

在田间试验中产生误差的来源大致有以下三个方面:

1.3.2.1 试验材料固有的差异

试验所用的材料应该做到遗传上和生理上整齐统一。但由于供试材料基因型不一致,种子生活力的差别,秧苗素质的差异等,均会导致试验误差。

1.3.2.2 试验操作管理措施不一致所引起的差异

供试材料在田间的生长周期较长,在试验过程中的各个管理环节稍有不慎,均会增加试验误差。如在整地、播种、施肥、除草、防治病虫害、收获脱粒等在时间上、数量上和质量上不能做到各个处理都真正一致,其中包括观察测定时间、人员、仪器等的不一致性。

1.3.2.3 外界环境条件的差异

这是指试验中自然环境的差异,如土壤差异、病虫害侵袭、人畜践踏、风雨影响等,它们常具随机性。其中土壤差异是田间试验误差中最主要、最经常的差异,而土壤质地和肥力不均匀所导致的差异是土壤差异中最主要的原因,也是最难控制的因素,是田间试验技术中重点考虑控制的对象。

上述三方面田间试验误差的来源因素既可导致系统误差,也可导致随机误差,至于到底是哪种则要具体情况具体分析。

必须指出,试验误差和试验中发生的错误是两种完全不同的概念。在试验过程中,偏差可

以控制,随机误差不可避免,但错误决不允许发生,如播错、收错、量错、称错、写错等。研究人员要采取一切措施,减少各种来源的差异,降低误差,保证试验的准确性和精确性。

1.3.3 控制误差的途径

从以上田间试验误差来源的分析中可以看出,控制田间试验误差必须针对试验材料、田间操作管理、试验条件等的一致性逐项落实。田间试验应严格遵循惟一差异原则,尽量排除其他非处理因素的干扰。常用的控制措施有以下几方面:

1.3.3.1 选用均匀一致的试验材料

必须严格要求试验材料同质一致;不一致的材料如秧苗大小、壮弱不一致时,可分级、分重复使用或充分混匀后使用。

1.3.3.2 改进操作管理技术,使之标准化

尽量保证管理时间和质量上的均匀一致,一切管理操作以及观察、测量、收集数据都应以区组为单位进行,减少可能发生的差异。如整个试验的某项操作最好在一天内完成,如完不成则至少要完成一个区组内所有小区的工作,不能做了一半因下雨等原因而留到第二天,这样就会造成不同小区之间的差异。也就是说要把差异放到区组间。

1.3.3.3 控制引起差异的外界主要因素

其中,土壤差异是最主要的又是较难控制的。通常采用的有以下三种措施:

- (1) 选择肥力均匀的试验地;
- (2) 试验中采用适当的小区技术;
- (3) 应用良好的试验设计和相应的统计分析。

正确贯彻执行以上三种措施,就可以有效地降低试验误差,增加试验的精确度。

1.3.4 试验地的土壤差异及其控制

1.3.4.1 试验地的土壤差异

试验地是田间试验最重要的试验条件,试验地的土壤肥力差异是田间试验误差最主要的来源,田间试验的设计和实施主要是针对控制土壤差异而展开的,因而有必要了解试验地土壤差异的规律。

土壤差异是普遍存在的。它的形成,一方面是由于土壤形成的基础不同,以至土壤的物理性质与化学性质有较大差异。例如沙土、壤土、粘土对肥水的保持能力各不相同,并且不同性质的土壤所含的矿物质也不相同,这些都会造成土壤肥力的差异;另一方面是由于土地利用上的差异,如不同的施肥量或灌溉量,不同的前茬以及耕作栽培措施和方法上的差异都会引起土壤肥力的差异。

研究证明,土壤肥力差异具有持久性,一般均会维持较长时间。如使用有机肥料及石灰造成的差异,其效果往往可以持续好几年。因此,选择试验地时,必须对这种情况加以慎重考虑,这对控制误差、提高试验精确度有十分重要的意义。