

高职高专教育“十一五”规划教材

# 田间试验与生物统计

霍志军 郭才 主编

中国农业大学出版社

高职高专教育“十一五”规划教材

# 田间试验与生物统计

霍志军 郭 才 主编

中国农业大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

田间试验与生物统计/霍志军,郭才主编.—北京:中国农业大学出版社,2007.1  
ISBN 978-7-81066-891-0

I. 田… II. ①霍…②郭… 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(2006)第 142706 号

书 名 田间试验与生物统计

作 者 霍志军 郭 才 主编

策划编辑 孙 勇 丛晓红

责任编辑 李丽君

封面设计 郑 川

责任校对 王晓凤 陈 莹

版式设计 姚慧敏 陈巧莲

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100094

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail [cbsszs@cau.edu.cn](mailto:cbsszs@cau.edu.cn)

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

规 格 787×980 16 开本 16.25 印张 294 千字

印 数 1~3 000

定 价 19.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编	霍志军	黑龙江农业职业技术学院
	郭 才	黑龙江农业经济职业学院
主 审	王振华	东北农业大学
副主编	苗兴芬	黑龙江农业职业技术学院
	赵文若	吉林农业科技学院
	崔承鑫	黑龙江生物科技职业学院
编 者	曹雯梅	河南农业职业学院
	于红茹	辽宁农业职业技术学院
	王俊侠	沧州职业技术学院
	史淑菊	铁岭农业职业技术学院
	张 钰	沈阳农业大学高职院
	杨红丽	河南农业职业学院
	杨念福	黑龙江农业经济职业学院
	龚莉萍	新疆农业职业技术学院
	谢学强	康定民族师范高等专科学校
	雷振山	信阳农业高等专科学校

## 内 容 提 要

本书是高等职业教育技能型人才培养培训工程系列教材。本教材介绍了田间试验的有关概念、设计原理、常用的设计方法与实施步骤;介绍了试验资料的整理、基本特征数、概率及其分布以及统计假设测验的基本方法: $t$  测验、 $u$  测验、 $F$  测验、 $\chi^2$  测验;介绍了单因素与多因素试验结果的方差分析及双变数的直线回归与相关分析方法的应用。除每章后有小结与复习思考题之外,还有实验实训指导,且将计算机的常用办公软件 Excel 应用于生物统计中,作为加强学生实践技能的训练。

本书可作为高职高专院校、本科院校举办的职业技术学院、五年制高职、成人教育生物技术及相关专业的教材,也可供从事生物技术工作的人员参考。本书配有电子教案,欢迎选用本书的广大教师索取,编者电子邮箱:huo\_zhijun@163.com。

# 前 言

高等职业教育在人才培养上坚持“以服务为宗旨,以就业为导向,走产学研结合的发展道路”。作为与传统学科型高等教育双峰并峙的教育形式,高等职业教育必将在办学宗旨、教学方法与手段、教学管理、教学内容与课程体系,乃至在教材建设等诸多方面引发一场革命性变革。“田间试验与生物统计”是植物生产类专业的专业基础课程,也是一门实践性较强的课程,很希望能够通过本书为这一场利国利民的教育变革添砖加瓦。

根据教育部《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》的精神,本书以“必需、够用”作为本课程的编写标尺,经过参编同志的认真讨论,力求把握高职高专学生层次所需教材的深度和广度,着重介绍田间试验和统计分析的基本知识和技能,有利于学生进行科学试验,为科学研究提供研究手段,采用由浅入深、循序渐进的总体思想来构建全书的内容,删除数学公式的推导,增加 Excel 在生物统计中的应用,使得统计分析变得简单化。本书还是“田间试验与生物统计”精品课程建设的成果之一。

全书共分 4 篇,包括 13 章及实验实训指导,由霍志军和郭才任主编,王振华教授任主审,苗兴芬、赵文若、崔承鑫、曹雯梅任副主编。第一章和实验实训九由霍志军与苗兴芬编写,第二章和实验实训十二由张钰编写,第三章和实验实训十三由谢学强编写,第四章和实验实训八、十四由郭才与杨念福编写,第五章和实验实训五由史淑菊编写,第六章和实验实训七由杨红丽与曹雯梅编写,第七章和实验实训四由赵文若编写,第八章和实验实训六、十由崔承鑫编写,第九章和实验实训十一由王俊侠编写,第十章和第十一章由龚莉萍与苗兴芬编写,第十二章和实验实训一、二、三由红茹与苗兴芬编写,第十三章由雷振山编写。全书由霍志军统稿。

本教材在编写过程中得到了有关职业技术学院的大力支持帮助,广泛参阅、引用了许多单位及各位专家、学者的著作、论文和教材,在此一并致以诚挚的谢意。

由于编写人员水平有限,书中难免有一些错误和不足之处,欢迎广大读者批评指正,以便我们今后的修订、补充和完善。

编 者

2006 年 10 月

31	.....	照整田排資金好	廿二第
32	.....	殘果交味殘樹平	廿三第
33	.....		廿小
34	.....		題考思区复
35	.....	銀概效則书整	章六第

# 目 录

## 第一篇 田间试验导论

<b>第一章 田间试验概述</b> .....	3
01 第一节 田间试验任务与要求.....	3
02 第二节 田间试验种类.....	16
03 小结.....	8
04 复习思考题.....	9
<b>第二章 试验误差与试验小区设计</b> .....	10
01 第一节 试验误差来源与控制.....	10
02 第二节 田间试验设计基本原则.....	13
03 第三节 田间试验小区技术.....	15
04 小结.....	20
05 复习思考题.....	21
<b>第三章 试验方案与试验计划书</b> .....	22
01 第一节 制订田间试验方案的方法.....	22
02 第二节 田间试验计划书.....	25
03 小结.....	30
04 复习思考题.....	31
<b>第四章 田间试验实施</b> .....	32
01 第一节 田间试验地的准备和小区设置.....	32
02 第二节 田间试验实施步骤.....	34
03 第三节 试验观测、记录与计算.....	37
04 小结.....	41
05 复习思考题.....	41

## 第二篇 试验资料统计基础

<b>第五章 基本特征数</b> .....	45
01 第一节 几个统计基本概念.....	45

第二节 试验资料的整理 .....	46
第三节 平均数和变异数 .....	54
小结 .....	62
复习思考题 .....	62
<b>第六章 统计假设测验</b> .....	64
第一节 概率及概率分布 .....	64
第二节 统计假设测验 .....	72
小结 .....	85
复习思考题 .....	86
<b>第七章 方差分析</b> .....	88
第一节 方差分析基本原理 .....	88
第二节 单向分组资料方差分析 .....	97
第三节 两向分组资料方差分析 .....	105
小结 .....	112
复习思考题 .....	113
<b>第八章 卡平方(<math>\chi^2</math>)测验</b> .....	115
第一节 卡平方( $\chi^2$ )测验 .....	115
第二节 适合性测验 .....	117
第三节 独立性测验 .....	120
小结 .....	126
复习思考题 .....	126
<b>第九章 直线回归和相关</b> .....	128
第一节 直线回归 .....	128
第二节 直线相关 .....	137
小结 .....	142
复习思考题 .....	142
<b>第三篇 常用田间试验设计和统计方法</b>	
<b>第十章 顺序排列试验</b> .....	147
第一节 对比法试验设计和统计方法 .....	147
第二节 间比法试验设计和统计方法 .....	150
小结 .....	153
复习思考题 .....	153



第十一章 随机区组试验	155
第一节 单因素随机区组试验和统计方法	155
第二节 复因素随机区组试验和统计方法	161
小结	166
复习思考题	167
第十二章 裂区试验和统计方法	169
第一节 裂区试验设计	169
第二节 裂区试验结果统计方法	171
小结	176
复习思考题	176
第十三章 拉丁方试验和统计方法	178
第一节 拉丁方试验设计	178
第二节 拉丁方试验结果统计方法	180
小结	183
复习思考题	183

#### 第四篇 课程实验实训

实验实训一 田间试验计划书的拟订	187
实验实训二 田间试验设计与区划	188
实验实训三 田间试验调查与取样技术	190
实验实训四 Excel 在生物统计中应用	191
实验实训五 试验数据整理	196
实验实训六 特征数计算	199
实验实训七 概率和概率分布	201
实验实训八 统计假设测验	205
实验实训九 方差分析	207
实验实训十 卡平方( $\chi^2$ )测验	211
实验实训十一 直线回归与相关结果统计方法	214
实验实训十二 顺序排列试验结果统计方法	218
实验实训十三 随机排列试验结果统计方法	220
实验实训十四 试验总结	224
附表	226

---

附表 1	累积正态分布 $F_N(y)$ 值表	226
附表 2	正态离差 $u_\alpha$ 值表(两尾)	228
附表 3	学生氏 $t$ 值表(两尾)	229
附表 4	5%(上)和 1%(下)点 $F$ 值表(一尾)	230
附表 5	Duncan's 新复极差测验 5%(上)和 1%(下)SSR 值表(两尾)	236
附表 6	$\chi^2$ 值表(右尾)	238
附表 7	$r$ 值表	239
附表 8	10 000 个随机数字表	240
<b>参考文献</b>		246

# 第一篇

## 田间试验导论

- ◆ 第一章 田间试验概述
- ◆ 第二章 试验误差与试验小区设计
- ◆ 第三章 试验方案与试验计划书
- ◆ 第四章 田间试验实施



# 第一章 田间试验概述



## 知识目标

- 了解田间试验的任务和特点
- 掌握田间试验的种类
- 掌握田间试验有关术语
- 掌握田间试验的要求

## 技能目标

- 学会运用各类试验

为了认识农作物的生长发育规律,指导和推动农业生产,必须开展农业科学研究工作。进行农业科学研究的主要手段是进行农业科学试验。在农业上,一个新品种、一项新技术、一种新产品的推广应用,都必须用一种科学的方法验证其优劣或鉴定其实用价值,这种科学的方法就是农业科学试验。农业科学试验的方法以田间试验为主。此外,还有温室试验、实验室试验等。

## 第一节 田间试验任务与要求

### 一、田间试验任务和特点

#### (一)田间试验任务

发展农业生产要依靠农业科学技术的进步,农业科学试验是促进农业科学进步的重要手段。农业生产是在大田条件下进行生产的,受自然环境条件和栽培条件影响较大。农业科研成果在大田生产条件下的实践效果如何,如引进的新品种是否适应本地区;新选育的品种是否比原有品种更高产稳产;新产品(如新型肥料、新农药等)的增产效果和改善品质效果是否明显;新的农业技术措施是否比原有的措施增产有效,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

学研究成果的评定提供可靠的科学依据。因此,田间试验在农业科学试验中的主要地位是其他试验不可替代的,是农业科学试验的主要形式。

田间试验是在田间自然条件下,以作物生长发育的各种性状如产量和品质等指标,研究作物与环境之间关系的农业科学试验方法。其基本任务是在大田自然环境条件下研究新品种、新产品、新技术的增产效果,增加经济效益的理论、方法和技术,客观地评定具有各种优良特性的高产品种及其区域适应性,评定新产品的增产效果及对环境反应,正确地评判其最有效的增产技术措施及其适用范围,使农业科研成果合理地应用和推广,发挥其在农业生产上的重要作用,并为各级农业部门及农户提供科学决策和技术咨询,促进农业科研成果尽快转化为生产力。因此,田间试验是农业科研成果转化为农业生产力的桥梁。

## (二)田间试验特点

田间试验的研究对象和材料是生物体本身,任何农业新品种与新技术措施在应用到大田生产时,必须先进行田间试验。田间试验作为农业科学研究的主要途径,有其自身的特点,不同植物的试验又各有不同。

### 1. 大田作物田间试验特点

(1)田间试验应用面广。田间试验是在大田土壤上进行,一般情况下,不破坏土壤的自然结构,不改变田间的气候状况,试验条件符合农业生产实际,便于推广应用。

(2)田间试验简单易行。试验单元是一定面积的小区,不需要特殊的盛土容器和设备,简单易行,能直接反应试验的效果。

(3)田间试验复杂性。在田间开放系统中,各种生长因子如光照、温度,甚至病虫害等生物条件难以人为控制,不同部位试验小区的土壤理化性状的差异也无法消除。因此,田间试验误差大,只有通过合理的试验方法设计和认真细致地实施试验的每一个环节,并通过严密的统计分析,才能根据田间试验结果得出科学的结论。

2. 果树田间试验特点 果树与农作物的生长发育规律差别较大,因此果树试验有其自身的特点。

(1)果树试验周期长。果树经济寿命时间长,多达百年以上。因此试验周期长,试验比较复杂。另外,由于果树试验年限长,常会因寒害、风害、病虫害、鼠害等,导致植株死亡或残缺而形成缺株区,增加试验的复杂性。果树具有生命周期和年周期两个发育时期,不同年龄时期、不同物候期生长发育不同而造成试验结果不一致。另外,果树试验还有大小年现象,就更增加了试验的复杂性。

(2)果树试验误差比其他作物大。果树个体大,利用营养面积也大,根系分布深而广,不但受表土影响,也会受到心土影响,易造成个体间差异大。病虫害、嫁

接苗接口愈合状况、修剪技术以及相邻植株地上地下部分相互竞争等,也会造成个体间差异。

(3)果树试验条件较其他作物复杂。大多数果树是嫁接繁殖,常因砧木或接穗的不同而影响试验条件均匀性。另外,果树多为山地栽培和零星栽培,其地形、坡度、坡向、土层深浅、肥力水平状况,对果树的生长发育和结果均有不同影响,容易加大试验误差。因此,果树试验对试验条件的要求较其他作物复杂。

(4)果树试验有其特殊优越性。外界条件的变化和栽培管理水平的差异,对果树生长结果的影响,会年复一年、持续地记录在果树树体上,所以果树自身是记录器。充分利用这一特点来简化试验方法,缩短试验年限,也能得到可靠资料。从这个方面看,果树又比一年生作物有其特殊优越性。

### 3. 蔬菜田间试验特点

(1)土壤差异较小。一方面,由于蔬菜田常年精耕细作,其耕层厚度、熟化程度、肥力水平通常比较均匀一致。另一方面蔬菜个体较小,根系浅,受深层土壤影响小,也便于控制试验地的土壤差异。

(2)对环境反应敏感。拟订试验方案时,不同处理的级差量不宜过大,原因是蔬菜生长迅速、生长量大,对试验处理的反应较其他作物敏感(对肥、水、植物激素的反应更为敏感)。

(3)蔬菜试验较大田作物试验复杂。蔬菜生育周期短,栽培方式多样。如黄瓜就有露地、地膜覆盖、阳畦、温室、拱棚等不同栽培方法;栽培方式相同又可安排不同播种季节(如春、夏、秋等)。另外,蔬菜常进行间作、套作、混作等。蔬菜作物的栽培方式,生长季节安排的多样性和灵活性,造成了蔬菜试验的复杂性。因此,为了提高试验的精确度,对试验的设计、实施和统计分析同样有很高的要求。

## 二、田间试验基本要求

为保证田间试验的质量,使试验结果能够在提高农业生产和科学研究的水平上发挥作用,田间试验有以下几项基本要求:

1. 试验目的要明确 在进行田间试验时,在阅读文献与社会调查的基础上,明确选题,制订合理的试验方案,对试验的预期结果及其在农业生产和科学试验中的作用做到心中有数,这样才能有目的地解决当前生产实践和科学实验中亟待解决的问题,并兼顾将来可能出现的问题,避免盲目性,提高试验的效果。

2. 试验条件要有代表性 试验条件应能代表将来准备推广试验结果地区的自然条件(如试验地土壤种类、地势、土壤肥力、气候条件等)与生产条件(如轮作制度、农业结构、施肥水平等),这样有利于试验结果的推广应用。另外,在进行试验

时,既要考虑代表目前的条件,还要注意到将来可能被广泛采用的条件,使试验结果既符合当前需要,又不落后于生产发展的要求,使试验有预见性。

3. 试验结果要有可靠性 试验结果的可靠性包括准确性与精确性两个方面。准确性是指试验结果与被研究的理论真值相接近的程度,越是接近,则试验越准确。但一般试验中真值是未知的,故常设对照处理,来了解结果的相对准确程度。精确性是指同一处理的试验指标,在不同重复观察中所得数值彼此接近的程度,是可以计算的,是由试验误差的大小决定。进行田间试验时,必须随时随地注意试验的精确性,一方面要力求避免发生人为的错误;另一方面要尽量降低由于各种偶然因素的影响而引起的试验误差,以提高试验的精确性。因此,为降低试验误差,必须严密地设计试验,严格地执行试验,合理地运用统计方法。

4. 试验结果要有重演性 重演性是指在相似的条件下次次试验会得到相类似的试验结果。也就是说,一项试验结果在推广前,必须重复几年的试验,如果获得类似的结果,则说明试验结果有推广应用价值。要保证试验结果能够重演,首先要仔细明确地设定试验条件,使其具有代表性;其次可将试验在各种试验条件下进行或重复做2~3年试验,以验证其结果是否重演。由于田间试验受复杂的自然环境条件的影响。因此,同一试验在不同年份可能有不同的试验结果,为此,必须记录气象因素的变化,搞好田间档案,并对作物生长发育进行观测记载,以便研究其间的关系,掌握其规律性。

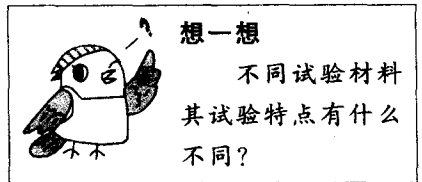
## 第二节 田间试验种类

### 一、试验有关术语

1. 试验因素 由人为控制并设有待比较的一组处理的因子称为试验因素(factor),简称因素或因子。

2. 水平 试验因素量的不同级别或质的不同状态称为水平(level)。试验因素水平可以是定性的,如供试的不同品种,具有质的区别,称为质量水平;也可以是定量的,如喷施生长素的不同浓度,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等间距,也可以不等间距。所以试验方案是由试验因素与其相应的水平组成的,其中包括有比较的标准水平。

3. 试验处理 在试验小区上所实施的试验措施称为试验处理(treatment)。单因素试验中,试验因素的每一个水平就是一个试验处理;复因素试验中,不同因素的水平相互组合即水平组合,构成一个试验处理。





4. 试验方案 根据试验目的和要求所拟订的进行比较的一组试验处理的总称为试验方案(experimental plan)。

5. 试验效应 试验因素对试验指标所起的增加或减少的作用称为试验效应(experimental effect)。

## 二、田间试验种类

### (一)按试验因素的多少划分

1. 单因素试验 只研究一个因素效应的试验叫单因素试验(single-factor experiment)。例如,小麦药效比较试验研究的只有“药剂”这一个因素可以有不同的,其他因素是相对一致的。单因素试验的优点是试验设计简单,统计分析比较容易,但也有缺点。与农作物生长发育有关的各个因素之间存在复杂的关系,而试验只研究一个因素,因此,应用范围小,有一定局限性,不能了解几个因素间的相互关系。

2. 复因素试验 同时研究两个或两个以上因素的试验叫复因素试验(multiple-factor or factorial experiment),也称多因素试验。例如,大豆品种与施肥量相结合的试验就是复因素试验。复因素试验的优点是不仅可以研究各个因素单方面的效应,而且还能研究因素间的相互作用,所以试验说明问题比较全面,比较切合实际。但设计上比较复杂,统计分析上比较繁琐,所以因素数目和水平数不宜过多。

3. 综合试验 将各种丰产措施结合在一起以创造高产的试验形式,具有测验和示范作用的试验叫综合试验(comprehensive experiment)。这种试验简而易行,各地都可吸取当地和外地的丰产经验和科研成果,设计适合当地应用的丰产技术方案。这是推广丰产经验、提高作物产量的一种行之有效的办法。

### (二)按试验研究内容划分

1. 品种试验 主要研究各种作物的引种、育种和良种繁育等问题。例如,品种比较试验就是常用的品种试验,是将遗传性不同的品种置于相同的条件下,以选出产量、品质和抗性等方面适宜于当地推广应用的新品种。

2. 栽培试验 主要研究各种栽培技术措施的增产作用,如播种期、播种量、播种方式等试验。

3. 肥料试验 主要研究肥料对作物营养、产量、品质及土壤肥力等作用的试验方法,如大豆配方施肥试验。

4. 农药试验 主要研究农药对病虫害防治效果的试验方法,如某种新型农药的药效试验。