



普通高等教育“十二五”规划教材

# 田间试验与统计方法

宁海龙 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

# 田间试验与统计方法

宁海龙 主编

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书以培养实践动手能力强的高素质农业人才为目标,吸纳试验设计和统计新方法,同时加强统计方法与计算机科学相结合。全书共14章,内容包括田间试验概述、试验资料的整理与描述分析、概率分布、统计推断、 $\chi^2$ 测验、方差分析、单因素试验资料的统计分析、多因素试验的统计分析、品种区域试验资料的统计分析、正交设计资料的统计分析、直线相关与回归分析、多元线性回归与相关分析、非线性回归分析、正交回归设计等,每章结尾都配有习题。

本书可作为全国高等农业院校植物生产类专业本科生教材,也可作为广大农业科技工作者、农业生产管理人员和其他专业人员的工具性参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

田间试验与统计方法/宁海龙主编. —北京:科学出版社,2012. 1  
(普通高等教育“十二五”规划教材)  
ISBN 978-7-03-033282-0

I. ①田… II. ①宁… III. ①田间试验-高等学校-教材②农业统计-统计方法-高等学校-教材 IV. ①S3-33②F302.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 001394 号

责任编辑:丛 楠 贺窑青 / 责任校对:钟 洋  
责任印制:张克忠 / 封面设计:谜底书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号  
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2012年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2012年1月第一次印刷 印张:20

字数:500 000

定价:39.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 编委会名单

- 主 编** 宁海龙 (东北农业大学)
- 副 主 编** (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)
- 参编人员** (按姓氏汉语拼音排序)
- 关 欣 (沈阳农业大学)
- 李文霞 (东北农业大学)
- 屈淑平 (东北农业大学)
- 王树彦 (内蒙古农业大学)
- 王 霞 (黑龙江八一农垦大学)
- 许海霞 (河南农业大学)
- 张 君 (吉林农业大学)
- 主 审** 金 益 (东北农业大学)

## 前 言

“田间试验与统计方法”是高等农业院校植物生产类专业(农学、植物保护、园艺、植物生物技术、植物科学与技术等)及其相关专业的专业基础课,主要讲授田间试验的设计、实施和试验结果的统计分析方法,为学习专业课程和从事农业科学研究、农业技术推广等工作奠定基础。

在满足社会对具备较强实践动手能力高素质人才需求的背景下,作为专业基础课程的“田间试验和统计方法”的教学内容既要吸纳试验设计和统计新方法,也要加强统计方法与计算机科学相结合。基于以上理念,本书缩减了概率分布理论基础知识的篇幅,增加了正交设计、正交回归设计和作物密度与产量关系等内容,这些试验设计相比常规试验设计有较高的优势,在农业科研生产中广泛应用,虽然统计方法较复杂,但是在统计软件的支持下,统计变得非常方便; $2 \times C$ 列联表独立性测验和 $R \times C$ 列联表独立性测验的方法和原理相同,本书删除了 $2 \times C$ 列联表独立性测验;在对方差分析和回归分析的方法介绍中,首先介绍了线性模型,既便于读者理解变异来源,也便于读者在应用软件分析数据的过程中选择模型;由于广义线性模型方法在农业统计中的广泛应用,分析不平衡数据已经很容易,本书删除了方差分析相关章节缺区数据的估计与分析方法,同时,删除了关于期望均方的论述;本书的例题广泛涉及大田作物和园艺蔬菜作物的遗传育种、耕作栽培、植物保护、土壤农业化学等学科专业知识,并详细论述了试验设计、试验实施和数据获得的过程,尤其根据实际需要,在假设测验一章中,增加了一尾测验例题的数量,以期提高读者对试验设计与相应统计方法的选择与应用能力。在附表中,调整了 $t$ 分布、 $F$ 分布、 $\chi^2$ 分布临界值,以满足一尾测验的需要。

全书共分14章,系统介绍了田间试验概述、试验资料的整理与描述分析、概率分布、统计推断、 $\chi^2$ 测验、方差分析、单因素试验资料的统计分析、多因素试验的统计分析、品种区域试验资料的统计分析、正交设计资料的统计分析、直线相关与回归分析、多元线性回归与相关分析、非线性回归分析、正交回归设计的内容。本书可与《田间试验数据的计算机分析》(科学出版社,2012)配合使用,实现原理方法与计算工具的结合,也可单独使用。

本书的第一章由河南农业大学崔党群编写,第二章由东北农业大学屈淑平编写,第三章由东北农业大学宁海龙编写,第四章由沈阳农业大学关欣编写,第五、六、九、十章和附表由东北农业大学李文霞编写,第七章由吉林农业大学张君编写,第八章由内蒙古农业大学王树彦编写,第十一章由黑龙江八一农垦大学王霞编写,第十二章由河南农业大学许海霞编写,第十三章由内蒙古农业大学高利萍编写,第十四章由沈阳农业大学陈志斌编写。全书由宁海龙统稿,除以上编者交叉审稿外,由金益主审,最后由宁海龙定稿。

本书可作为高等农业院校植物生产类专业及其相关专业的教材,讲授全部内容大约需要70学时,使用者也可根据具体情况讲授其中的部分内容。本书也可作为广大农业科技工作

者、农业生产管理人员和其他专业人员的工具性参考书。

本书引用了参考文献中的部分理论和图示,在此谨向有关作者表示感谢。同时也对关心与支持本书编写、出版的科学出版社和编者所在院校的领导表示衷心感谢。

最后,诚挚地希望读者对书中的疏漏和不足之处给予指正,以利于今后的修订。

编 者

2011年10月

# 目 录

## 前言

第一章 田间试验概述	1
第一节 田间试验的任务和要求	1
一、田间试验的任务与来源	1
二、田间试验的基本要求	2
三、田间试验的种类	3
第二节 试验方案的制订	5
一、试验因素与水平	5
二、试验处理效应	6
三、制订试验方案的要点	7
四、正确处理试验因素与试验条件的交互作用	8
第三节 试验误差及其控制	8
一、试验误差的概念	8
二、试验误差的来源	9
三、试验误差的控制	10
第四节 试验地的土壤差异与小区技术	10
一、试验地的土壤差异及选择	10
二、小区技术	11
第五节 常用的试验设计	13
一、试验设计原则	13
二、顺序排列的试验设计	14
三、随机排列的试验设计	17
第六节 试验的实施	22
一、试验计划的制订	22
二、试验地的准备	23
三、种子准备	23
四、播种	24
五、田间管理	24
六、试验观察记载	24
七、收获与测产	26
八、试验结果的审核与初步整理	27
习题	28
第二章 试验资料的整理与描述分析	30
第一节 统计的基本概念	30

一、总体与样本 .....	30
二、变量与观察值 .....	30
三、参数与统计数 .....	31
第二节 数据的类型与次数分布 .....	31
一、数据的类型 .....	31
二、次数分布表 .....	32
三、次数分布图 .....	35
第三节 样本的描述性分析 .....	36
一、平均数 .....	37
二、变异数 .....	39
习题 .....	42
<b>第三章 概率分布</b> .....	<b>43</b>
第一节 事件与概率 .....	43
一、事件 .....	43
二、概率 .....	44
三、概率的计算法则 .....	45
第二节 二项分布及其抽样分布 .....	46
一、二项总体分布 .....	46
二、二项分布的概率函数及计算 .....	46
三、二项总体的抽样分布 .....	48
第三节 正态分布及其抽样分布 .....	49
一、正态总体分布 .....	49
二、正态分布的标准化 .....	49
三、正态分布的概率计算 .....	50
四、正态总体的抽样分布 .....	52
五、中心极限定理 .....	55
习题 .....	56
<b>第四章 统计推断</b> .....	<b>57</b>
第一节 统计假设测验的基本原理 .....	57
一、统计假设测验的意义和原理 .....	57
二、统计假设测验的基本步骤 .....	58
三、两尾测验与一尾测验 .....	60
四、统计假设测验的两类错误 .....	62
第二节 平均数的假设测验 .....	63
一、单个样本平均数的假设测验 .....	63
二、两个样本平均数相比较的假设测验 .....	64
第三节 二项分布资料百分数的假设测验 .....	68
一、单个样本百分数的假设测验 .....	68
二、两个样本百分数相比较的假设测验 .....	71



第四节 参数的区间估计 .....	72
一、正态总体平均数 $\mu$ 的区间估计 .....	73
二、二项总体百分数 $p$ 的区间估计 .....	74
习题 .....	75
<b>第五章 <math>\chi^2</math> 测验</b> .....	<b>77</b>
第一节 $\chi^2$ 测验概述 .....	77
一、 $\chi^2$ 的定义 .....	77
二、 $\chi^2$ 的连续性矫正 .....	77
第二节 适合性测验 .....	78
一、各种分离比例的适合性测验 .....	78
二、拟合优度测验 .....	79
第三节 独立性测验 .....	81
一、 $2 \times 2$ 列联表的测验 .....	81
二、 $r \times c$ 列联表的测验 .....	82
第四节 方差同质性测验 .....	83
一、单个样本方差的假设测验 .....	83
二、多个样本方差的假设测验 .....	85
习题 .....	86
<b>第六章 方差分析</b> .....	<b>87</b>
第一节 方差分析的原理与步骤 .....	87
一、方差分析的原理 .....	87
二、方差分析的步骤 .....	88
第二节 方差分析的基本假定与数据转换 .....	95
一、方差分析的基本假定 .....	95
二、方差分析的数据转换 .....	96
习题 .....	98
<b>第七章 单因素试验资料的统计分析</b> .....	<b>99</b>
第一节 顺序排列试验的统计分析 .....	99
一、对比法设计资料的统计分析 .....	99
二、间比法设计资料的统计分析 .....	101
第二节 单因素完全随机设计的统计分析 .....	102
一、单因素完全随机设计的线性模型 .....	102
二、各处理观察值数目相等的单向分组资料的方差分析 .....	102
三、各处理观察值数目不等的单向分组资料的方差分析 .....	102
第三节 单因素随机区组设计的统计分析 .....	105
一、单因素随机区组设计的数学模型 .....	105
二、自由度与平方和的分解 .....	105
三、实例分析 .....	106
第四节 拉丁方设计的统计 .....	108

一、数学模型 .....	108
二、自由度与平方和的分解 .....	108
三、实例分析 .....	109
习题 .....	110
<b>第八章 多因素试验的方差分析</b> .....	112
第一节 二因素完全随机设计的方差分析 .....	112
一、无重复观察值的二因素试验资料的方差分析 .....	112
二、有重复观察值的二因素试验资料的方差分析 .....	115
第二节 二因素随机区组设计资料的方差分析 .....	120
一、数学模型 .....	120
二、自由度与平方和的分解 .....	120
三、实例分析 .....	121
第三节 裂区设计资料的方差分析 .....	125
一、数学模型 .....	125
二、自由度与平方和的分解 .....	125
三、实例分析 .....	126
习题 .....	129
<b>第九章 品种区域试验资料的统计分析</b> .....	131
第一节 一年多点品种区域试验的联合分析 .....	131
一、数学模型 .....	131
二、实例分析 .....	132
第二节 多年多点区域试验的综合分析 .....	136
一、数学模型 .....	136
二、实例分析 .....	137
习题 .....	143
<b>第十章 正交设计资料的统计分析</b> .....	144
第一节 正交试验设计 .....	144
一、正交表及其特性 .....	144
二、正交试验方案的设计 .....	145
第二节 正交试验资料的统计分析 .....	148
一、正交试验资料的直观分析 .....	148
二、正交试验结果的方差分析 .....	151
习题 .....	161
<b>第十一章 直线相关与回归分析</b> .....	162
第一节 因果关系与相关关系 .....	162
一、函数关系与统计关系 .....	162
二、因果关系与相关关系 .....	163
第二节 直线相关分析 .....	164
一、相关系数 .....	164

二、相关系数的假设测验	166
三、决定系数	167
第三节 直线回归分析	167
一、直线回归方程	168
二、直线回归的假设测验	171
三、直线回归的区间预测	172
第四节 直线回归和相关的要点	175
习题	176
<b>第十二章 多元线性回归与相关分析</b>	<b>177</b>
第一节 多元线性回归分析	177
一、多元线性回归方程的建立	177
二、多元线性回归的显著性测验	182
三、剔除不显著的自变量	185
第二节 通径分析	192
一、通径分析的意义和作用	193
二、通径分析的基本原理	193
三、通径系数的表示方法	195
四、通径系数的显著性测验	196
五、通径分析的基本步骤	197
六、通径分析的应用要点	199
七、通径分析应用时注意的问题	199
第三节 多元相关分析	199
一、复相关分析	199
二、偏相关分析	201
习题	204
<b>第十三章 非线性回归分析</b>	<b>206</b>
第一节 曲线回归分析	206
一、指数曲线回归	206
二、幂函数曲线回归	208
三、对称 S 形曲线回归	210
四、不对称 S 形曲线回归	212
第二节 多项式回归分析	216
一、二次多项式回归分析	217
二、高次多项式回归分析	220
第三节 作物密度与产量关系的回归分析	223
一、等差型密度-产量回归分析	223
二、等比型密度-产量回归分析	225
三、混合型密度-产量回归分析	227
四、抛物线型密度-产量回归分析	229

习题	232
<b>第十四章 正交回归设计</b>	233
第一节 一次回归正交设计	234
一、编码空间	234
二、一次回归正交设计方法	235
三、结果分析	237
第二节 二次回归的组合设计	244
一、组合设计	244
二、二次回归正交旋转组合试验的设计和结果分析	250
三、回归方程信息分析	258
习题	263
<b>参考文献</b>	266
<b>附录</b>	267
附表 1 10000 个随机数字	267
附表 2 $(4 \times 4) \sim (8 \times 8)$ 标准拉丁方	271
附表 3 $u$ 分布的累积函数 $F(u)$ 值表	271
附表 4 $u$ 分布的临界 $u_\alpha$ 值表	273
附表 5 $t$ 分布两尾临界值表	274
附表 6 $F$ 分布右尾临界值表	275
附表 7 $\chi^2$ 分布右尾临界值表	288
附表 8 Dunncan's 新复极差测验 $SSR_{0.05}$ 和 $SSR_{0.01}$ 值表(两尾)	290
附表 9 Dunnett's 测验的 $Dt_{0.05}$ 和 $Dt_{0.01}$ 值表(两尾)	291
附表 10 $q$ 两尾临界值表	292
附表 11 百分数反正弦 $(\sin^{-1} \sqrt{p})$ 转换表	295
附表 12 $r$ 和 $R$ 两尾临界值表	298
附表 13 百分率和概率单位转换表	299
附表 14 常用正交表	301

# 第一章 田间试验概述

**【内容提要】** 田间试验就是在大田条件下进行的试验。田间试验的任务就是在大田条件下评价农业生产新技术、新产品和新品种的实际效果,解决农业生产中需要解决的问题;必须满足试验目的明确、试验条件有代表性、试验结果准确可靠和试验结果可重演四项基本要求;精心选择试验因素和处理、正确设计试验方案;科学控制试验地的土壤肥力差异及其他来源的试验误差;合理设置试验小区的形状、面积,合理设置保护区(行)和对照;在重复、随机和局部控制原则指导下设计对比法、间比法、完全随机、完全随机区组、拉丁方、裂区等常用试验设计,并正确实施。

**【学习重点】** 田间试验的基本要求,试验方案设计,试验误差和土壤肥力差异控制,小区技术,试验设计原则,随机区组设计,裂区设计等。

**【学习难点】** 试验误差和土壤肥力差异控制,随机区组设计,裂区设计。

**【要求掌握的基本技能】** 试验方案设计,小区技术,绘制田间种植图,试验的实施。

在大田条件下进行的试验称为田间试验(field experiment)。农业生产在大田中进行,受光照、气温、降雨和土壤等自然生态因子的影响。因此,要评价农业生产新技术在当地达到的预期效果如何、农作物新品种或新的丰产措施有无增产效果、新农药或新的防治病虫害措施效果等问题必须进行田间试验。田间试验是进行农业科学研究的主要形式,虽然除田间试验外,进行农业科学研究也采用盆栽、温室、实验室以及其他方式进行试验(如作物育种过程中的温室加代,研究作物矿质营养吸收的盆栽试验等),但是,这些试验的环境条件与大田生产差别较大,试验结果不能代表田间试验的结果,难以直接应用于大田生产。因此,这些试验只有在要求对环境条件作较严格的控制时才加以应用,一般说来,它们只是农业科学试验的辅助方式。可见,田间试验是农业科学研究中不可替代的主要研究手段。

## 第一节 田间试验的任务和要求

### 一、田间试验的任务与来源

田间试验的任务就是在大田条件下评价农业生产新技术、新产品和新品种的实际效果,解决农业生产中需要解决的问题。农业生产在田间进行,只有在与农业生产实际条件相似的田间进行的试验中表现优良的农业研究成果,才有可能在生产实践中得到推广应用,发挥其增产增效的作用。征集一个地区新育成的作物品种进行区域试验,评价这些品种的推广利用价值,供生产上择优利用;通过播期与播量试验,优化新育成品种的栽培技术,实现良种良法结合;通过育种试验,将各具不同优良特性的亲本杂交,选育出高产、多抗、优质的作物新品种;通过肥水耦合试验,确定优质高效的施肥灌水技术等都需要进行田间试验。

田间试验任务的来源主要有以下几个方面。

(1) 农业生产实践中发现或提出了新的问题,需要通过田间试验进行解决。由于农业生产在田间进行,田间试验是直接为农业生产服务的。因此,当时当地农业生产中亟待解决的问

题是田间试验任务的首要来源。例如,新品种选育和节水灌溉研究都需要田间试验,新育成品种需要进行播种期与播种量试验;研究植物激素对农作物生长发育的影响,需要在田间进行激素剂量与使用时期试验;研究肥水增产效果的肥水耦合试验也需要在田间进行。

(2) 农业科学工作者经常需要通过田间试验开展有关作物生长发育和遗传规律以及作物与环境之间相互关系等的研究。虽然其中的许多内容也可以在实验室、温室或人工气候室中进行,但是在田间进行试验更符合作物的实际生长情况。可见,对有关作物生长发育和遗传规律及其生境的基础研究也是田间试验的任务之一。

(3) 不同地区和不同单位之间经常有相同或类似的项目需要进行研究,但各个地区或单位的条件不同,不可能也不必要都开展研究。通常可以委托具备较好试验条件的地区或单位来进行独立研究或由位于不同地区的多个单位进行多点试验协作研究。因此,受其他地区或单位委托进行的研究也是田间试验任务的一个重要来源。

(4) 根据农业生产发展的需要,各级农业行政部门或科研主管部门经常会下达一些田间试验项目。例如,农作物新品种展示、高产示范方等都是田间试验任务的来源。

## 二、田间试验的基本要求

无论哪种类型的田间试验,要得到正确可靠的结果,使其在科学种田中发挥参谋和促进作用,都必须满足以下四项基本要求。

### (一) 试验目的要明确

试验目的要明确就是对试验要解决的问题有充分的了解,对预期结果做到心中有数。例如,作物新品种的播种期与密度试验,就是要确定作物新品种的最佳播种期和最适密度,安排试验时,就要根据已有的资料和经验,预期可能的最佳播种期和最适密度。这样就可以围绕可能的最佳播种期安排播种期处理,围绕可能的最佳密度安排密度处理;否则,最佳播种期和最佳密度可能不包括在播种期处理和密度处理范围内,必然导致试验失败。

田间试验最根本、最主要的目的是解决农业生产或科学研究中的问题。因此,制订试验方案、选择试验项目时,要抓住当时当地农业生产或科学研究中急需解决的问题,明确进行试验的目的。由于有些田间试验需要较长的时间,就必须预见到试验结果推广时可能变化了的社会需求。例如,选育一个作物新品种通常需要 10 年以上的时间,那么开始一轮新品种选育时就要预见到 10 年后社会和经济对作物新品种的需求以及变化了的生产条件,明确 10 年后要解决的问题。

### (二) 试验条件要有代表性

试验条件要有代表性就是要求田间试验的各项试验条件要接近试验结果欲推广地区的自然条件和生产条件,只有这样才能使试验结果在欲推广地区的生产上发挥增产增效作用。例如,欲推广地区土壤比较黏重,不够肥沃,肥料来源尚有困难,水利条件也不够理想,则对试验地、供试品种和各项试验技术措施的选择就必须与这些具体条件相适应。否则,选择一块特别肥沃和有灌溉条件的高肥水地块作为试验地,并选用喜肥水品种,用其试验结果指导欲推广地区的生产,显然很难达到预期目的,还很有可能带来巨大损失。此外,在考虑代表性的同时还要有预见性,随着社会经济的发展,肥、水等生产条件会不断改善,农业机械化水平也在不断提高。由于有的试验往往需要数年才有结果,如果不考虑试验结果欲推广地区数年后可能出现

的生产条件,试验成果就难以在生产上发挥较大作用。

### (三) 试验结果要准确可靠

进行田间试验时,必须坚持唯一差异原则,随时随地注意试验的准确性,力求避免造成不应有的试验误差。例如,品种比较试验的目的在于比较不同品种的丰产能力,除比较的品种外,土壤肥力及栽培管理措施应尽可能保持一致。否则,若比较的各个品种所处小区肥力不匀,或前茬、浇水、中耕等田间管理措施不一,时间早晚不同,收获不一致,就会大大影响试验的准确性。但应该指出,在注意其他条件一致的原则时,也不能机械套用这一原则。例如,将成熟期不同的品种同时收获,其结果反而不能准确反映这些品种的生产能力。

### (四) 试验结果要有重演性

试验结果的重演性是指在相同或类似的条件下进行同样的试验或生产实践,能获得类似的结果。田间试验结果具有重演性,才能使试验结果推广应用于大田生产。为了满足重演性的要求,必须注意下面几个环节:第一,完全掌握试验所处的自然条件和生产条件;第二,有及时、准确、完整的田间观察记载,以便分析产生各种试验结果的原因,找出规律性的东西;第三,每一项试验最好在同一地区重复进行2~3年,以便弄清作物对不同年份气候条件的反应;第四,如果将试验结果推广到其他地区,还应进行多点试验。

## 三、田间试验的种类

田间试验一般以作物为研究对象。依据试验项目的性质、试验因素多少、试验设计类型、试验小区面积、试验地点数、试验年份数不同,可以将田间试验从不同的角度分成不同的种类。

### (一) 按试验项目的性质分类

田间试验根据供试项目的性质,一般可分为7类。

#### 1. 遗传试验

主要研究作物各性状的遗传特点和遗传规律,估算各类遗传参数。例如,为科学评价杂交亲本和估算遗传参数进行的双列杂交试验、为确定作物性状的遗传模型和估算基因效应进行的多世代群体试验都是遗传试验。

#### 2. 生理生化试验

主要研究作物的生长发育规律及其生理特点,测定各项生理生化指标和作物器官的化学组成。例如,在田间测定作物群体或个体的光合效率、呼吸特性等生理生化指标。

#### 3. 生态试验

主要研究作物对自然和人工生态条件的反应,确定作物的适宜生境和营养来源。

#### 4. 土肥试验

研究土壤特性和不同土壤类型的产量潜力、施肥效果等。

#### 5. 作物育种试验

培育作物新品种进行的试验包括亲本和杂交后代的种植,新品系的产量鉴定和比较,新品种的区域试验等。

#### 6. 作物栽培与耕作试验

研究作物栽培技术的播种期试验、播种量试验,还有轮作、间作等试验。

## 7. 病虫害防治试验

研究作物病虫害防治的技术与机理,如农药试验、综合防治试验等。

### (二) 按试验因素多少分类

试验因素(experiment factor)就是要在试验中研究其变动对试验结果产生影响的因素。按照试验因素的多少,试验可分为单因素试验和多因素试验(复因素试验)。此外,还有组合因素试验。

#### 1. 单因素试验

只研究一个因素效应的试验称为单因素试验。单因素试验设计简单、目的明确、试验结果易于分析,但不能了解因素间的相互关系是其局限性。例如,作物育种研究中通常进行的品种比较试验,只研究品种这一个试验因素,因此品种比较试验就是单因素试验;再如,施肥量试验只研究施肥量这一个试验因素对作物产量及其他性状的影响,因此也属于单因素试验。

#### 2. 多因素试验

研究两个或两个以上因素效应的试验称为多因素试验。多因素试验往往依其供试因素数称谓,如品种×播种期×播种量是一个三因素试验。多因素试验不仅可以研究各因素的单独效应,而且可以研究两个或两个以上因素结合起来的交互作用。多因素试验比单因素试验更符合作物的生长发育规律,但多因素试验的设计和结果分析比较复杂。例如,研究一个小麦新品种优化栽培措施的播种期×播种量试验就是一个二因素试验,其既可研究播种期和播种量的单独效应,也可研究二者的交互作用。

#### 3. 组合因素试验

组合因素试验是指将一个试验因素的某个特定水平与其他试验因素的某些特定水平搭配形成一些特定的处理组合,试验和结果分析时把各特定处理组合作为单因素的处理对待。这种试验主要用于综合技术研究。例如,在河南郑州‘豫农 202’最适宜的播种期为 10 月 10 日,播种量为  $8\text{kg}/666.7\text{m}^2$ ;‘豫麦 18’最适宜的播种期为 10 月 20 日,播种量为  $9\text{kg}/666.7\text{m}^2$ ;‘豫农 035’最适宜的播种期为 10 月 10 日,播种量为  $8\text{kg}/666.7\text{m}^2$ ;‘豫麦 2 号’最适宜的播种期为 10 月 8 日,播种量为  $8\text{kg}/666.7\text{m}^2$ ;‘豫农 949’最适宜的播种期为 10 月 15 日,播种量为  $8.5\text{kg}/666.7\text{m}^2$ 。这样可以形成一个有 5 个特定处理组合的组合因素试验。

### (三) 按试验设计类型分类

田间试验按试验设计(experiment design)类型可分为对比法设计(contrast design)试验、间比法设计(interval contrast design)试验、完全随机设计(completely random design)试验、完全随机区组设计(completely random block design)试验、裂区设计(split plot design)试验、正交设计(orthogonal design)试验、平衡不完全区组设计(balanced incompletely block design)试验、平衡格子方设计(balanced lattice design)试验等。这些试验中的大部分将在后面介绍,此不赘述。

### (四) 按试验小区面积分类

试验小区(experiment plot)是田间试验中一个处理(treatment)或处理组合(treatment combination)一次实施所占用的地段。一般地讲,试验小区面积在  $333\text{m}^2$  以下的试验称为小区试验,试验小区面积在  $333\text{m}^2$  以上的试验称为大区试验。大区试验耕作栽培条件接近大田



生产,每个大区都可能碰上较肥或较瘦的地段,因此代表性和准确性都较好,而且便于示范推广,对试验结果的分析也比较省事,但试验条件难以严格控制,而且人力物力消耗较多,所以不适用于探索性试验。大区试验一般用于和生产比较接近的田间试验,如作物品种或栽培技术等的大区对比试验、新品种展示试验等;大区试验一般不设重复。小区试验在一定程度上克服了大区试验的缺点,特别在育种试验的初期、中期阶段,试验的处理数较多,而每一处理的种子量较少,设置大区试验有困难。所以一般应先进行小区试验,在小区试验选优淘劣的基础上再做大区对比示范试验。大多数田间试验都是小区试验,小区试验一般要设置重复。

### (五) 按试验地点数分类

按试验地点数多少,试验可以分为单点试验和多点试验。单点试验只在一个地点进行;多点试验要在两个或两个以上的地点按相同的试验方案进行,可以研究试验处理对不同地点气候、土壤等自然生态因子的反应。如果试验结果欲在多个地区推广就应进行多点试验,作物新品种的区域试验就是多点试验。

### (六) 按试验年份数分类

按试验年份数多少,试验可以分为一年试验和多年试验。一个试验只进行一年称为一年试验;按同一试验方案将一个试验进行两年或两年以上称为多年试验,多年试验可以研究试验处理对不同年份的气候等自然生态因子的反应。由于年际间气候特点往往存在较大差异,所以一个试验最好进行两年以上,这样才能使试验结果客观可靠,具有推广利用价值。

此外,还有将多年试验与多点试验结合形成的多年多点试验,这样在一个试验中既可研究试验处理对不同地点气候、土壤等自然生态因子的反应,也可研究试验处理对年际间气候因子的反应。作物新品种的区域试验通常是多年多点试验。

## 第二节 试验方案的制订

试验方案是根据试验目的所拟订的一组试验处理或处理组合的总称。有时试验方案也指整个试验计划,包括试验目的和依据、供试试验材料、试验处理、小区设置、种植方法、田间管理、观察记载项目、收获考种、试验结果分析方法等。试验方案是试验的蓝图,必须认真细致的进行拟订,不能草率了事。

### 一、试验因素与水平

在田间试验中有各种各样的因素影响试验结果,有些因素是试验的条件称为条件因素。例如,气候条件(光照、气温、降雨等)和土壤肥力等在大多数情况下都是试验的条件因素。在试验中对其进行研究的因素称为试验因素。例如,在品种比较试验中品种是试验因素,在播种期与播种量试验中播种期和播种量是试验因素,在施肥试验中肥料类型和施肥量是试验因素。

将一个试验因素从质或量的方面分成若干个试验项目,称为处理或水平。例如,在品种比较试验中使用了10个品种,那么品种这个试验因素就具有10个处理或水平;同样若一个施肥试验使用了3种肥料,每种肥料又有3个施肥量,那么肥料种类和施肥量两个试验因素都各有3个处理或3个水平。

在多因素试验中将一个试验因素的各水平同其他试验因素的各水平相互搭配起来构成处