

# 田间试验与统计

福建科学技术出版社

# 田间试验与统计

# 田间试验与统计

刘德金 陈毓本

•

福建科学技术出版社出版

福建省新华书店发行

建阳地区印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 印张 179千字

1983年9月第2版

1983年9月第2次印刷

印数：12,301—15,400

书号：16211·67 定价：0.68元

## 前 言

数学是帮助人们认识客观事物规律的一项辅助工具。恩格斯曾经指出：“数字是最严格的科学语言。”“科学是实验的科学，科学就在于用理性的方法去整理感性材料。归纳、分析、比较、观察和实验，是理性方法的主要条件。”有目的、有计划地进行田间试验或调查，并运用数理统计的方法，对所得到的数据资料进行整理、归纳和逻辑分析，就是农业科学研究的最基本手段。特别是，随着我国科学技术水平的不断提高，人们对农业生产领域中各种量的研究将愈趋深入，田间试验及统计分析也必将得到愈来愈广泛的应用。

本书试图在学习总结前人有关这方面科学知识的基础上，以作者在教科研中的典型实例和体会，较系统地介绍田间试验的一般设计原理和实施步骤，着重讲解农作物田间试验调查资料的整理、表达及常用的统计分析方法，供广大农村四级农科网及从事农业科技工作的同志在开展科学实验中参考。为了便于基层的同志自学，书中语言尽可能做到深入浅出，通俗易懂。在介绍具体的统计分析方法之前，增加了有关统计学的基本知识一章。对于各项数学公式和统计原理，尽量采用逻辑推理的方法加以说明，适当增加文字叙述，减少数学上的严格推导。

在编写的过程中，得到福建农学院、福建省农业局及有关同志的大力支持，并提出宝贵意见，在此谨表谢忱！由于我们的水平有限，经验不足，书中可能存在缺点错误，殷切希望读者提出批评指正。

编 者

一九七九年四月

# 目 录

## 第一部分 作物田间试验的设计与实施

|                     |        |
|---------------------|--------|
| 一、田间试验的意义与要求        | ( 1 )  |
| (一) 田间试验的意义         | ( 1 )  |
| (二) 田间试验的基本要求       | ( 1 )  |
| 二、田间试验的设计原则         | ( 4 )  |
| (一) 试验误差的来源及其控制方法   | ( 4 )  |
| (二) 试验处理的设计         | ( 5 )  |
| (三) 试验地的选择和利用       | ( 7 )  |
| (四) 小区面积、形状与排列方向    | ( 9 )  |
| (五) 重复的设置及排列        | ( 11 ) |
| (六) 对照区的设置          | ( 14 ) |
| (七) 保护行的设置          | ( 14 ) |
| 三、田间试验的种类及其应用       | ( 16 ) |
| (一) 田间试验的种类         | ( 16 ) |
| (二) 几种常用的田间试验设计及其应用 | ( 17 ) |
| (三) 稻、麦常规育种的田间试验设计  | ( 25 ) |
| 四、田间试验的实施           | ( 28 ) |
| (一) 拟订试验计划          | ( 28 ) |
| (二) 试验地的规划          | ( 29 ) |
| (三) 种子的准备, 播种及移栽    | ( 31 ) |

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| (四) 试验田管理的特点.....               | (33) |
| (五) 田间观察记载及室内考种.....            | (34) |
| (六) 收获与测产.....                  | (37) |
| (七) 试验结果的整理、分析及总结<br>报告的书写..... | (38) |

## 第二部分 田间试验与调查资料的统计分析

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| 一、有关统计学的基本知识.....               | (40) |
| (一) 统计数据的表达.....                | (41) |
| (二) 几种常用的特征数及其计算方法.....         | (43) |
| (三) 概率及常态分布的概念.....             | (55) |
| 二、大田调查及取样技术.....                | (61) |
| (一) 取样的基本原理——大数法则的<br>概念.....   | (61) |
| (二) 大田调查的意义与方法.....             | (63) |
| (三) 取样技术.....                   | (66) |
| (四) 取样误差及其度量.....               | (70) |
| (五) 全群平均数的估计.....               | (73) |
| 三、统计图表的制作.....                  | (76) |
| (一) 统计表的编制.....                 | (76) |
| (二) 统计图的绘制.....                 | (84) |
| 四、显著性测验.....                    | (90) |
| (一) 显著性测验及其在农业科研中的<br>重要作用..... | (90) |
| (二) 显著性测验的基本原理.....             | (92) |
| (三) 样本平均数的显著性测验.....            | (97) |
| (四) 两个样本平均数间的差异显著性测验.....       | (98) |

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| (五) 两个样本成数间差异显著性检验·····            | (104) |
| (六) 差异显著性的简易测验——符号测验·····          | (106) |
| <b>五、方差分析</b> ·····                | (110) |
| (一) 方差分析的功用及基本原理·····              | (110) |
| (二) 各种变因平方和及自由度的计算·····            | (113) |
| (三) 方差分析的方法步骤·····                 | (116) |
| (四) 百分数资料的统计代换·····                | (121) |
| (五) 复全距测验法·····                    | (123) |
| (六) 差异显著性的标志方法·····                | (126) |
| <b>六、极差比检验</b> ·····               | (128) |
| (一) 田间单因子随机区组试验结果的<br>极差比检验·····   | (129) |
| (二) 单因子完全随机试验结果的<br>极差比检验·····     | (133) |
| <b>七、事物间数量关系的表达与分析</b> ·····       | (138) |
| (一) 事物现象间的数量关系及其表现形式·····          | (138) |
| (二) 直线相关程度的度量·····                 | (142) |
| (三) 事物间数量依存关系的估测·····              | (151) |
| (四) 简单经验公式及其应用·····                | (152) |
| (五) 相关表中相关系数及回归系数的计算·····          | (159) |
| <b>八、缺丛(株)、异株的补救及缺区的估算方法</b> ····· | (164) |
| (一) 缺丛(株)、异株的补救方法·····             | (164) |
| (二) 缺区的估算方法·····                   | (165) |
| <b>九、几种常用的田间试验结果分析</b> ·····       | (169) |
| (一) 简单对比法试验结果的分析·····              | (169) |
| (二) 顺序排列对比法试验结果的统计<br>分析·····      | (171) |

|                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| (三) 单因子随机区组试验结果的统计分析.....             | (176)        |
| (四) 裂区设计试验结果的统计分析.....                | (182)        |
| <b>十、正交试验的设计与分析.....</b>              | <b>(197)</b> |
| (一) 正交试验法基本原理及正交表.....                | (197)        |
| (二) 正交试验方案的设计.....                    | (201)        |
| (三) 正交试验的田间排列方法.....                  | (205)        |
| (四) 正交试验的结果分析.....                    | (210)        |
| <b>附录 I 统计用表.....</b>                 | <b>(220)</b> |
| 附表 1 5 % 及 1 % t 值表.....              | (220)        |
| 附表 2 5 % 及 1 % F 值表.....              | (221)        |
| 附表 3 5 % 及 1 % 显著水准的 SSR 值表.....      | (227)        |
| 附表 4 相关系数显著值表.....                    | (228)        |
| 附表 5 符号测验表.....                       | (229)        |
| 附表 6 由百分率转化为角度数表.....                 | (230)        |
| 附表 7 极差比检验显著性临界值表<br>(田间随机区组试验) ..... | (233)        |
| 附表 8 极差比检验显著性临界值表<br>(完全随机试验) .....   | (234)        |
| 附表 9 部分常用正交表.....                     | (236)        |
| <b>附录 I 手摇计算机的使用方法.....</b>           | <b>(245)</b> |

# 第一部分 作物田间试验的设计与实施

## 一、田间试验的意义与要求

### （一）田间试验的意义

试验研究，是探索新的客观事物，验证已有的理论或方法，解决实际问题的的重要手段。田间试验，就是在田间的栽培条件下，对农作物所进行的试验。

田间是各种农作物的基本生活环境。作物的产量、品质及各种特征特性的表现，都是在田间各种环境条件的综合作用下形成的。因此，无论要认识农作物的生长发育规律，或者要选育新的品种。探索新的技术措施，都必须在田间的条件下进行试验。对于某项新的科研成果，或外地引进的新品种、新技术，也必须在当地的大田条件下进行比较鉴定，才能确定其推广价值。此外，组织群众对试验田进行实地评选观摩，更是示范推广先进农业技术的有效方法。从以上可见，积极开展田间试验，是加速农业现代化建设的重要一环。

### （二）田间试验的基本要来

农作物是有生命的有机体，它生长在土壤中，随时受到各种外界因素的综合影响。由于不同地区的土壤、气候、施肥水平、栽培管理以及病虫发生等情况又各不相同，这就使得甲地的高产品种到了乙地就不一定高产，而乙地的增产措施到了甲地也不能完全适用。即使在同一地区，也由于这一块田与那一块田的土壤肥力及栽培条件存在不同程度的差

异，因此农作物的生育状况也有所不同。就是同一块田，也还会因作物的个体变异和土壤肥力的不均而引起某些差异。可见，农业生产具有很强的地域性和差异性。这就对田间试验提出以下要求：

### **1. 要努力提高试验的准确性**

田间试验的结果是用来指导大田生产的。如果把不准确的试验结果推广到生产中去，将劳民伤财、危害极大。为此必须讲究试验技术，认真地观察记载，力求减小试验误差，提高试验的准确性。

### **2. 试验条件应做到相对一致性**

在田间试验中，除处理因子外，其他技术措施和自然条件要严格控制在相对一致的条件下进行。所谓相对一致，就是既要强调在一致的条件下进行试验，又不能绝对化。例如在进行前后作品种搭配试验时，就不能等到前作全部收获后再同时种后作，而应当先收先插，迟收迟插。又如进行倒种春品种与晚稻品种的对比试验时，其播期和秧龄也应该有所不同，否则反而失去真实性。

### **3. 试验要具有代表性和先进性**

代表性是指试验条件应能代表将来要推广地区的自然条件 and 生产水平，使试验结果能真实地反映将要推广地区的实际。否则，就难于在生产上推广应用。但是，试验研究除结合当前实际外，还要考虑农业生产的飞速发展和农业现代化的要求，因此也必须进行一些更高一级的先进技术措施试验，以推动生产的发展。

### **4. 试验结果必须具有重演性**

重演性是指在相似的条件下重复同一试验，能获得类似的结果。重演性反映了试验结果的规律性，只有试验结果有

规律、能够重演的试验，才有推广价值。由于田间试验受外界环境条件的影响很大，为了使试验结果在生产上推广后能收到应有的效果，就必须十分注意试验条件和试验技术，使试验有较高的准确性和代表性。有些重大的项目，必须经过多年或多点试验，验证具有重演性后，才能大面积推广。

## 二、田间试验的设计原则

### (一) 试验误差的来源及其控制方法

所谓试验误差，即指非试验因素所引起的效应。如品种试验，品种就是试验因素，而由于本数不匀、土壤肥力不一、数等原因引起的差异就是误差。它直接影响试验的准确性。试验设计的核心问题，就是如何控制误差，提高试验的准确性。误差大致可分成两类：

(1) 系统误差：亦称片面误差，是由于供试材料本身的变异、测量观察的不正确、技术措施及操作的不一致所引起的。例如在品种比较试验中，如果插秧本数、插秧深浅以及土地条件不一致，就会影响试验的准确性。在试验中，只要做到设计正确、操作一致、观察记载认真，一般来说，系统误差是比较容易克服的。

(2) 偶然误差：主要是由试验地的土壤肥力难以达到完全一致所造成的。它是田间试验中最普遍存在、又最难控制的误差，即使在试验过程中，做到精心管理、操作一致，也是难以完全消除的。此外，病虫害为害的不均匀性、各部分小气候条件不可能完全一致等也会引起偶然误差。在统计分析中常把偶然误差称为狭义的试验误差或随机误差，作为衡量试验精确性的依据。

土壤差异是最普遍存在的试验误差，往往使田间试验的处理效应不能真实地反映出来。因此，为了提高试验准确

性，必须合理选择试验地，进行正确的田间试验设计，以消除和控制土壤差异。最后，还可以应用生物统计的方法，估计误差，作出正确的判断。

## (二) 试验处理的设计

试验处理是指参与试验对比的具体项目。一个试验包括着若干个处理，如品种比较试验，品种是试验因子，每个品种就是一个试验处理；密植试验，密度是试验因子，每种密度就是一个处理。在复因子的试验中，两个因子的每一种组合形式就称为处理组合。例如密植的复因子试验中，行株距是一个试验因子，插秧本数也是一个试验因子，每一种株行距与每一种插秧本数组成一个处理组合，即 $6 \times 5$ 寸插6本、 $6 \times 5$ 寸插9本、 $6 \times 5$ 寸插12本、 $6 \times 4$ 寸插6本、 $6 \times 4$ 寸插9本、 $6 \times 4$ 寸插12本等都称为处理组合。

在一个试验中，处理数的多少、应设计哪几种处理，都不能凭空设想，而必须深入地了解生产中存在的问题，认真总结群众经验，查阅必要的资料 and 了解前人研究成果，在此基础上进行试验处理的设计。做到心中有数、有的放矢，又不会使试验过于繁琐复杂。

### 1. 处理数必须适当，同一试验因素的不同水平间的标准要明显

处理数不宜过多和过于繁杂，否则会增添工作量，也难以从试验中得出明确的答案。同一因素不同水平间的标准要明显，才不容易被试验误差所掩盖，使处理间的差异能表现出来。例如在小麦播种时，如果播幅开得太浅、覆土太薄则易于干旱而出苗不齐，如果播幅开得太深、覆土太厚，也难正常齐苗，到底以哪一种播种深度为好呢？某科技组设计了一个

播种深度试验，其深度分为1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0、5.5、6.0、6.5、7.0厘米等十三个处理，这十三个处理显然可以包括所需要研究的各种深度。但在生产上，一般不可能把种子播在非常一致的深度上，深浅相差1厘米左右是很普遍的事。以上设计的处理间深度仅相差0.5厘米，显然是不符合生产实际的。若按深度相差0.5厘米的标准来安排处理，不仅处理数目繁多，试验手续复杂，而且处理间的差异也极易为误差所掩盖，影响试验结果的准确性和重演性。因此必须把处理间的深度差异加大至2厘米较妥当，即改为1.0、3.0、5.0、7.0厘米四个处理。这样，界限分明，处理数较少，既可简化试验过程，又能说明问题。

总之，试验处理数应根据需要和可能而定，一般以5~10个处理数为宜，最多不要超过20个处理数。对于不同的试验中，处理数的要求也有些不同。如品种比较试验，其试验处理数可以相对多些；栽培及药剂防治等试验，其试验处理数应适当少些。

## 2. 应从生产实际出发

处理设计应从生产实际出发，根据试验目的进行设计，不要设置一些在生产实践中无意义或不能实施的处理。如上述的播种深度试验，若设置8厘米以上的试验处理就没意义了，因那样的深度在生产上已肯定为很难出苗而不采用。又如品种比较试验，也必须分别品种的主次，有选择地进行。不要在一个试验中安排过多的品种，以免分散精力和造成混杂。而且，如果品种数太多，就不得不把小区面积压小或把区组扩大了，这样势必会增加试验的误差。所以要预先在初步摸底的基础上，把在当地比较有希望的品种优先安排在正式比较试验中，对初次引进、没有什么把握的品种，只作一般

种植观察就可以。但必须注意，在进行处理设计时，除了应从当前生产实际出发外，也不能忽视将来生产发展后可能达到的水平，不能忽视基础理论和探索增产新途径的试验研究，才能使科研工作走在生产的前面。

### 3. 试验因子不宜过多

试验因子过多，不仅会使试验方案过于繁杂，增加试验和统计分析的工作量，而且也会影响试验的准确性。为此，必须抓住主要矛盾，选择一、二个关键性因子先作试验，待明确其效果后，再以此为基础继续进行其他因子的深入试验。例如为探讨某连作晚稻新品种在闽西北山区的高产栽培技术问题，我们知道，连晚的高产与播种期、插秧期、密植、水肥管理等许多因子有关，如果在一个试验中，同时研究这么多因子，势必使试验处理数过多，增加设计的复杂性。为此，我们必须从山区连作晚稻生产中最突出的“安全过关”问题入手，先抓住播种期和插秧期这两个直接影响晚稻过关的关键性因子，按当地一般的栽培水平进行比较试验。待明确了适宜的播、插期和秧龄后，再按这个播、插期条件，分别进行施肥、密植等其他因子的试验。这样，试验既简单、明确，又能步步深入。

### (三) 试验地的选择和利用

试验地是田间试验的最基本条件。上面说过，田间试验的误差有两种，即系统误差（亦称片面误差）和偶然误差（亦称随机误差）。其中偶然误差是田间试验中最经常而又较难克服的误差，主要是由土壤差异造成的。因此，正确地选择与利用试验地是降低试验误差的重要一环。

选择试验地时，应注意以下原则：

1. 试验地要力求平坦开阔、排灌方便。如果条件不允许，也可采用朝着同一方向倾斜的缓坡地，以求得土壤、阳光、温度、湿度等条件的基本一致。

2. 试验地的土壤类型、肥力水平、地下水位高低等，应在本地区有代表性。这样，其试验结果才可能在本地区推广。

3. 试验地的土质、肥力、土层深浅等，应力求均匀一致，不能在填平不久的道路、池塘、渠道、积肥坑、新平整的土地，以及施肥、轮作、耕作等有显著不同的田块上进行。

4. 试验地的位置不应太靠近树林、房屋、山岗、河流、池塘及大路边，以免遮荫、积水以及人畜鸟兽的为害。同时，试验地的周围应尽可能种植相同的作物（有隔离要求的试验除外），以防试验作物遭受鸟兽残害。

5. 在前作进行过施肥、耕作等严重影响土壤肥力均匀的试验田块，不能再作试验用。对于这类土地必须采取以下措施来降低土壤肥力的差异。

（1）匀地播种：在整块试验地上种植同一品种的作物，采取一致的耕作栽培技术措施，经一、二年，使肥力恢复均匀后再作试验地使用。

（2）增施大量有机肥：在整块试验地上增施大量同一种有机质肥料或绿肥，并适当进行深耕，以减少土壤差异。

此外，试验地必须实行轮换制度，轮换时间看试验性质而定。施肥量、施肥方法、深耕等对土壤肥力影响较大的试验，必须间隔2~3年后再作试验地使用，其他的可以酌情采取一季或一年轮换一次。如果试验地数量有限，需要前一季的试验迹地上继续进行试验时，后一季的试验小区必须与前一季的小区成垂直方向排列，借以减少同一区组的不同

小区间的土壤差异。

#### (四) 小区面积、形状与排列方向

试验小区是田间试验的基本单位，即试验地中每一个处理在田间所占的地段。在同一试验中，各小区的面积和形状必须相同。

##### 1. 小区面积的确定

在设计小区面积时，应考虑以下几点：

(1) 试验的性质：一般地说，栽培试验的小区面积要比品种试验的大一些。在栽培试验中，耕作、排灌、施肥等试验的小区宜大，而播种期、播种量、密植等试验的小区可以小些。在育种过程中，初期世代的材料数量多、种子量少、又不需要计算产量，故小区面积可以小些；而进行品系鉴定或品种对比试验时，面积就要大些；到了生产试验阶段，则需种植1~3亩，才能反映该品种在大田生产中的推广价值。

(2) 作物的种类：小株作物如稻、麦等的试验小区面积可以小些，而大株作物如甘蔗、高粱等的小区面积要大些。植株变异较小的自交作物如稻、麦等小区面积可以小些；植株变异较大的如玉米、甜菜、油菜等的试验小区面积要相应大些。

(3) 土壤肥力差异的程度：土壤肥力差异较大的试验地，小区面积应大些；差异小的试验地，小区可以小些。

(4) 试验的具体条件：如试验的处理数较少，而人力物力条件又充裕的，试验小区可以大些，反之则宜小些。

(5) 便于统计产量：为了便于把小区的产量换算成每亩产量，小区面积一般可采用1/100亩、1/50亩、1/20亩，或