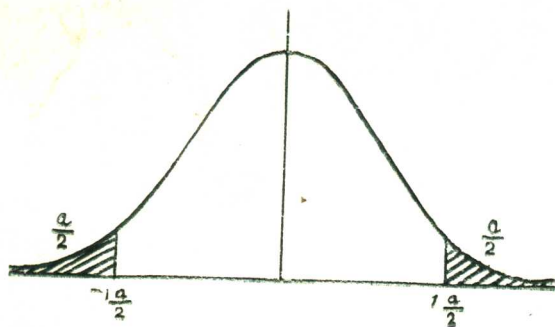


杨庆凯 编著

# 田间试验 与 统计分析方法



黑龙江科学技术出版社

# 田间试验与统计分析方法

杨庆凯 编著

黑龙江科学技术出版社

一九八二年·哈尔滨

责任编辑：常 瀛 莲

封面设计：梁 锦 山

## 田间试验与统计分析方法

杨庆凯 编著

---

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区分部街 28 号)

黑龙江新华印刷厂附属厂印刷·黑龙江省新华书店发行

开本787×1092毫米1/32·印张5 4/16·字数100千

1982年12月第一版·1982年12月第一次印刷

印数：1—10,000

---

书号：16217·042

定价：0.59元

## 前 言

种子是农业生产不可缺少又不能代替的有生命的生产资料。选育、繁殖、推广和采用良种，是一项投资少、见效快、收益大的重要增产措施，目前世界各国普遍重视和广泛应用。

为了宣传和普及现代的种子科学知识，我们特请东北农学院、黑龙江省农业科学院、黑龙江省种子公司等有关单位的专家和科技人员，编写了《种子现代化基本知识》、《作物育种与良种繁育》、《田间试验与统计分析方法》、《实用种子学》、《种子品质分析》及《国外种子现代化概况》等一套种子科技书。这套书对主要作物品种的选育、试验和种子的生产、加工、经营、销售、推广，以及种子品质分析鉴定的一些实用科学技术与基本知识，做了较全面的介绍。可供从事种子工作的科技人员、农业院校师生和农业科学研究的有关同志参考。

《田间试验与统计分析方法》一书由杨庆凯、吴秀清编写。本书重点介绍了田间试验的任务、要求、设计原理和方法步骤，生物统计的基本知识，几种常用田间试验设计的特点和统计分析程序。为了便于理解、掌握和应用，书后附有生物统计基本公式汇总图表和常用统计用表。

张树元

一九八二年七月一日

## 目 录

一、田间试验的任务和要求	1
(一) 田间试验的任务	1
(二) 田间试验的基本要求	2
二、田间试验设计原理	4
(一) 试验误差的概念及其误差来源	4
(二) 田间试验设计的基本原则	4
(三) 控制土壤差异的小区技术	6
三、田间试验的方法步骤	12
(一) 制定试验方案	12
(二) 试验田的选择	13
(三) 播种前准备与田间区划	14
(四) 试验田的管理和调查记载	16
(五) 试验田的收获和脱粒	17
四、资料统计分析的基础知识	19
(一) 生物统计中常用的几个概念	19
(二) 平均数	20
(三) 变异数	23
(四) 差异显著性测验和区间估计	31
五、农业上常用田间试验设计方法与统计分析	48
(一) 单因子试验设计方法与统计分析	48
(二) 复因子试验设计与统计分析	77

附录:

一、生物统计基本概念和公式汇总图表·····	117
二、常用田间试验设计方法的方差分析 与多重比较·····	121
三、常用型号电子计算器统计计算说明及示例··	131
四、常用统计用表·····	133
(一) 学生氏 $t$ 值表 (两尾) ·····	133
(二) 5% (上) 和 1% (下) 点 $F$ 值 (一尾) 表·····	135
(三) Duncan's 新复极差测验 5% 和 1% $SSR$ 值表·····	143
(四) 修正 $LSD$ 法的修正系数值表 ( $\alpha = 0.05$ ) ·····	146
(五) 修正 $LSD$ 法的修正系数值表 ( $\alpha = 0.01$ ) ·····	148
(六) 常用正交表·····	150

## 一、田间试验的任务和要求

### (一) 田间试验的任务

“一切经过试验”，这是辩证唯物主义认识论对待事物的基本方法。农业科学研究的成果和农业生产的新经验，在应用到大面积生产以前，都要经过田间试验，以确定其推广和应用价值。选育的新品种在推广之前，也要经过区域试验、生产试验等田间试验阶段，根据与对照品种比较的结果，确定其是否推广。农业生产因素复杂，地域性强，不经过田间试验，盲目引种外地的种子，盲目地采用外地的经验，往往由于不适当当地的自然条件而给生产造成损失，这样的事例和教训是不少的。

田间试验是农业科学试验主要的最基本的形式。此外，还有实验室试验、盆栽试验、温室试验等，但它们都是作为田间试验的辅助性试验，是田间试验的必要补充。

田间试验的基本任务是在土地自然环境中中和一般生产条件下，为鉴定农业科学研究新成果、总结和推广农业生产新经验、运用推广新技术提供可靠的依据，从而指导和推动农业生产，提高和发展农业科学，为农业现代化服务。田间试验是联系农业科学理论和农业生产实践的桥梁，是使农业科学研究成果尽快变成生产力的重要一环，在农业生产和科学

研究中起着十分重要的作用。

## (二) 田间试验的基本要求

田间试验的目的是为大面积生产采用新技术、新经验提供科学依据。为了使试验结果准确、可靠，对田间试验应有如下要求：

### 1. 试验条件要有代表性

农业生产因素复杂，地域性强，任何一项技术和经验的应用总是与一定的自然条件和生产经济条件相联系的。田间试验必须从当地条件出发，选择有代表性的地块，采用典型的农业技术措施，使试验的结果能在当地条件下推广，指导当地当前的农业生产。例如，品种的区域试验和生产试验，应选能代表当地自然条件（如土壤种类、地势、地力、气象条件等）的试验点，并且采用当地典型的技术措施（如轮作制度、施肥水平、栽培管理方法等）进行试验。这样，试验中入选品种的表现，才能代表推广后品种的真实表现。否则，一味追求高产措施，试验中要求水肥条件高的生态类型的品种，往往会表现出适应性。而这些品种当推广到一般生产水平的地区时，往往因水肥条件得不到满足而减产，这个问题是当前品种田间试验中的一个实际问题。

### 2. 试验结果要有可靠性

只有可靠的试验结果，才能从中导出正确的结论，指导农业生产，发挥增产效益。要想使试验结果可靠，在实际试验过程中，从种到收，从制订方案到结果分析，写出总结，



环节很多，因此，必须有严密的组织，明确的责任，人员要经过技术培训，层层把关，不出错误。当日作业后主管技术人员注意复核验收，发现问题，及时处理和补救，尽量减少试验误差。

除了要试验的因素不同而外，其它各因素（如土壤、栽培措施等）都应尽可能一致，只有这样，才能分析出试验因素间的真实差异。另外还要从田间设计等方面去控制误差，讲究取样技术，以便得到可靠的试验结果。

### **3. 试验结果要有重演性**

所谓试验结果的重演性，是指在相同的条件下，再进行相同的试验，应该得到与此类似的试验结果。试验条件的代表性是保证结果具有重演性的前提，试验结果的可靠性是保证结果具有重演性的基础。只有在有代表性试验条件下得到的可靠的结果，才能在所代表的地区内得到重演，获得增产效益。除此而外，要作好田间调查记载和科学分析，以明确当地当年条件对试验结果的影响和讨论试验结果的重演性。由于农业生产的复杂性，试验应连续进行几年，并且最好在多点上同时进行，从而根据多年多点资料进行综合分析。

## 二、田间试验设计原理

### (一) 试验误差的概念及其误差来源

田间试验是在自然条件下进行的，由于环境条件和栽培管理措施等偶然性因素的影响，很难使各处理都处在完全一致的试验条件下，因此试验处理间的差异，可能既包含处理间的真实差异，又包括一部分非真实差异。这种由于难以控制的偶然因素的影响，而造成的与处理间真实差异的偏差，就叫做试验误差。它不同于人为的错误，它是难以控制的偶然误差。田间试验的出发点，就是如何降低误差和如何通过适当的设计和统计方法估计误差。

土壤差异是田间试验误差的主要来源。除此而外，供试验材料不纯，各项管理措施不一致，以及各种自然的和人为的偶然因素也都可能产生误差。明确了这些误差的来源，就可以采取相应的控制措施。下面介绍的试验设计的基本原则、试验地选择和小区设计技术等，都是为了有效地控制试验误差。

### (二) 田间试验设计的基本原则

已如前述，田间试验中，土壤差异是误差的主要来源。

为了有效地控制土壤差异，降低试验误差和估计误差，田间试验设计要遵守以下三项原则：

### 1. 重复

重复是指试验中各处理重复出现的次数。如重复4次的品种试验，指每个品种都种植4次。

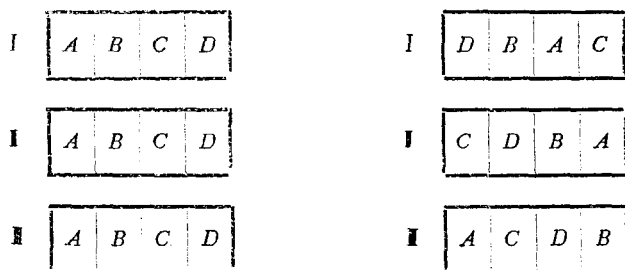
重复的作用，首先是降低误差。由于土壤差异难以控制，各处理重复出现几次，在各种土壤条件下出现的机会相等，使土壤差异对处理间真实差异的影响降低，处理间的比较才会更合理。同时，多次重复所估计的处理效应总比没有重复的试验结果更可靠。根据统计学原理，误差的大小与重复次数的平方根成反比（ $s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$ ， $n$ 为重复次数）。即

重复次数多，误差小。重复的另一个作用是估计误差。只有有重复的试验，才便于估计误差。

### 2. 随机

随机指的是一个重复（区组）中各处理出现顺序的完全随机化。它是相对于顺序排列而言的。象下列图示那样，如果土壤在左侧较肥，则A品种产量中必然有土壤肥力的影响。如随机排列，各品种受土壤肥力的影响就得到控制，误差就小得多。同时随机排列也可克服顺序排列相邻处理间相互影响的误差。例如图(1)中，如果A品种高大繁茂，则B品种的生育就受到A的影响，使产量偏低。随机排列时，B品种和A品种相邻机会和其它品种相邻机会相等，相互影响的误差也受到控制而降低。随机排列是进行方差分析的基本前提。通过方差分析，分析出误差方差，以便进行误差估计。

## 随机排列示意图



(1) 顺序排列

(2) 随机排列

注：图示中 I、II、III 为区组，A、B、C、D 为处理。

### 3. 局部控制

为了降低试验误差，要设置重复。如果有  $K$  个处理， $r$  次重复，则有  $rK$  个小区。如果把  $rK$  个小区完全随机地排列在试验地上，不如把试验地根据肥力情况分成  $r$  个局部地段（区组），每区组内各处理再随机排列。这样区组内土壤差异小，各处理在各区组出现的机会均等，排列的次序又是随机的，使各处理间互相比较更合理。将试验处理设置在土壤均匀的局部地段（区组）内，可降低误差的这种方式，就叫局部控制。它的作用是降低误差。

一般试验设计都要同时遵循上述三项原则，以便既降低误差，又能作出误差估计。

### (三) 控制土壤差异的小区技术

#### 1. 小区面积

试验小区（简称小区），就是试验中每个处理所占的一

定面积。在一定条件下，小区面积增大，试验准确性提高。但是，小区面积也不是越大越好，一方面它受到实际人力、物力条件的限制；另一方面小区面积过大，区组面积也就增大很多，土壤差异大，误差也就大。从图1中可以看出，变异系数随着小区面积增大而变小；但是小区增大到一定面积以后，误差降低就不那么明显了。

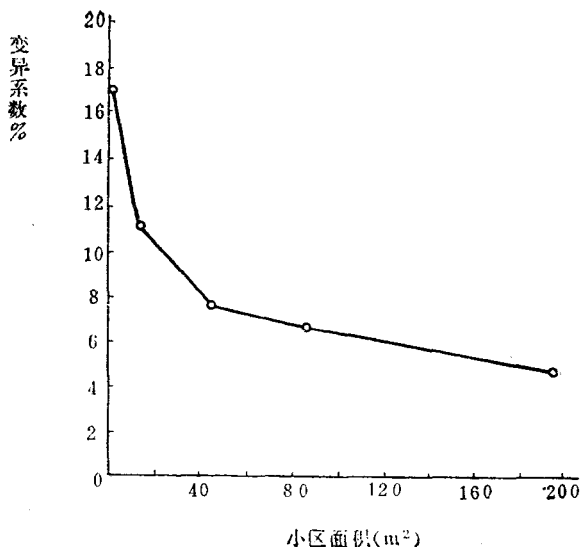


图1 小区面积对试验误差的影响

小区面积的大小，应根据具体试验内容而定。机械化栽培试验和灌水试验的小区面积要大些，准确性要求低些的初级试验小区面积可小些。中耕作物特别是株行距大的作物，如玉米、向日葵、甜菜、马铃薯等作物的试验小区面积往往要大些，以保证足够大的取样群体。生育期要进行取样测定

的，要保证秋收时有足够的实收面积测产。多单位联合试验，应按统一方案要求的小区面积种植。习惯上经常采用的小区面积列如表1，供参考。

**表 1 作物田间试验小区面积**

单位：平方米

试验性质	作物类别 稻麦等作物	中耕作物 (玉米、高粱、大豆、马铃薯、甜菜等)
育种试验		
原始材料圃	1—5	5—15
选种圃	1—5	5—15
鉴定圃	3—10	10—25
品种比较圃	20—50	50—100
品种试验		
区域试验	30—50	30—100
生产试验	300以上	500以上
生产示范	3000以上	3000以上
栽培试验		
一般试验	50—100	100—200
密度试验	100	200
机械化栽培 与耕作试验	200—300以上	500—1000以上

## 2. 重复次数

试验中增加重复次数，可以降低误差，提高试验准确性。从图2中看出，试验面积一定的情况下，增加重复次数比增加小区面积对降低误差效果好，图中看到的虚线（代表增加重复次数）较实线（代表增加小区面积）下降的速度快（误差下降的快）。试验面积同为100米<sup>2</sup>，分成两个重复种植，误差从8.3%下降到7.1%，试验面积同为100米<sup>2</sup>，要

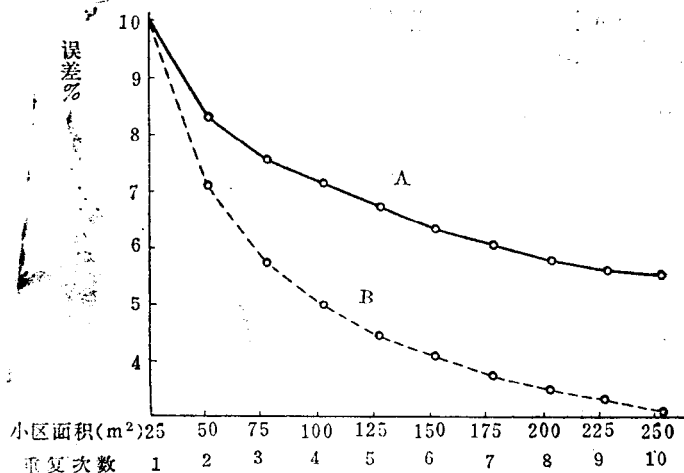


图2 小区面积与重复次数对试验误差的影响的比较

A. 增加小区面积

B. 增加重复次数

分成小区面积 25 米<sup>2</sup> 的 4 次重复去种植，误差从 7.7% 下降到 5.0%。也就是说，在试验地面积不变的情况下，与其把各处理种在较大面积上，不如分别种在几次重复的小区上。但是，增加重复次数，要增加小区数，就要增加工作量。同时也要考虑小区面积不能过小，既要方便耕作和处理，又要有足够株数的群体进行分析。因此，重复次数要与小区面积大小统筹考虑，兼顾得当。准确度要求高的试验和土壤差异大的地块上的试验，重复次数要多些。小区面积小的试验，重复次数可以多些，大区试验往往重复次数少些。一般试验重复 3—5 次。品种区域试验多重复 4 次，生产试验多重复 2—3 次。大田对比试验，一般重复二次即可。

### 3. 小区形状

小区的形状指小区的长宽比例。一般说来，长方形，特别是狭长方形的小区，由于易包括不同的土壤肥力状况，使小区间土壤差异较小，因此误差较小。同时，长形小区也便于田间操作和观察记载。

小区形状也应根据具体情况灵活决定，一般长宽比为3—10:1，甚至20:1。如采用机械管理，应与机务人员商量，以便于机械作业发挥机械效能。

### 4. 对照区的设置

田间试验的目的是为推广新技术、新经验提供科学依据，以决定是否有推广价值。这就要求要以当地现行的技术和当地原有的经验为对照，作为决定取舍和能否推广的标准。对照的另一个作用是矫正土壤差异。对照在各区组中产量的变化，可以作为各区组土壤肥力高低的指标，并且各区组中也可加上一个以上的对照（另一个对照称为参考）。一方面不要忘记加入对照区，同时要考虑对照区要有代表性。如品种试验，选用的对照品种应是当地生产上主要栽培的生产品种。在一些喷雾的药物试验中，对照区也要同时喷撒等量的清水，以减少喷水可能造成的误差。对照区在区组内的排列因试验设计不同而不同，在对比法中隔两区设一对照区，在随机区组试验中，对照区与其它处理区一样，在区组内随机排列。

### 5. 保护行的设置

保护行是指试验田四周种植的用以保护试验区的材料。它的作用：一是使试验区不受人畜践踏或损害；二是克服边

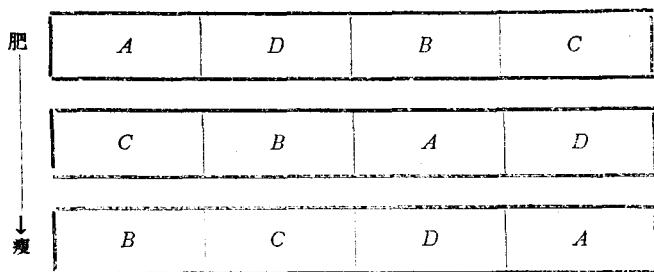


行或小区两端植株的边际效应。这里的边际效应是指边行和两端植株由于光照等条件优越的影响而生育优势的现象。种植保护行，使边行所处条件与试验区内各行条件一致，以便于比较。保护行一般3—5行。保护行是试验田的一部分，要同时栽培和同样管理。

### 6. 重复和小区的排列

重复可排成一排，也可排成两排或多排。当土壤或地势有明显差异时，要尽量使区组（重复）内的差异最小。至于区组间的误差则可以通过方差分析估算出来。因此，当试验地是坡地，或有明显肥力梯度时，应把区组横向排列，使小区的长边与肥力梯度线平行（图示）。

按肥力梯度或坡降合理布置区组图示



注：I、II、III为区组，A、B、C、D为处理。

在区组内的小区排列，可分为顺序排列和随机排列，为了进行误差估计，严密些的试验要随机排列。农业常用田间试验设计的小区排列方法在第五节连同统计分析方法一起叙述。