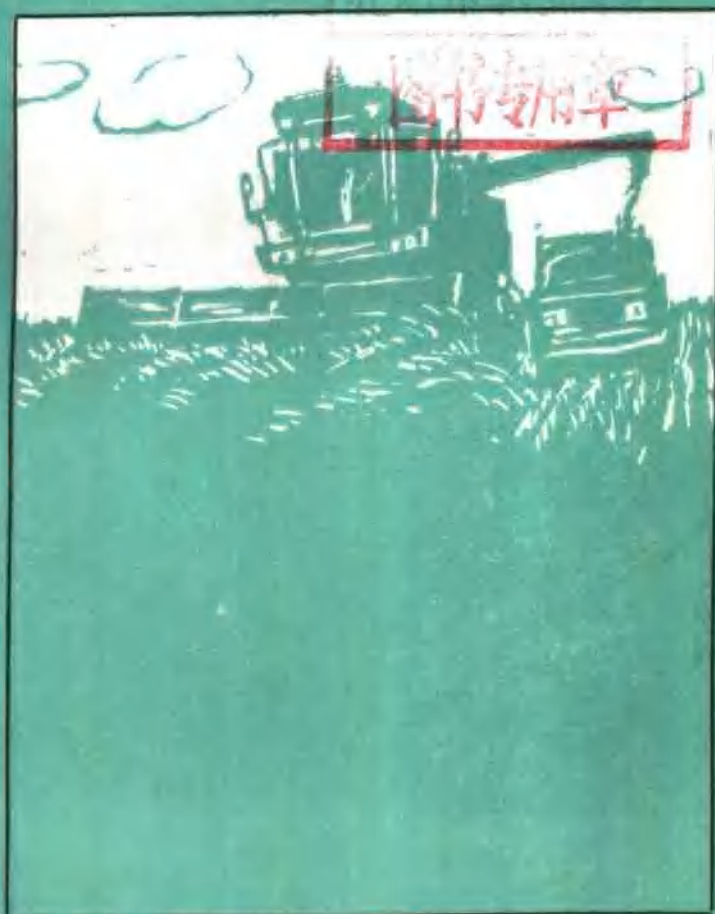


中央农业广播电视学校试用教材

农业技术推广专业

田间试验



农业出版社



中央农业广播电视学校试用教材

田间试验

农业技术推广专业用

(京)新登字060号

中央农业广播电视学校试用教材

田间试验

* * *

责任编辑 范 林

农业出版社出版发行 (北京市朝阳区农展馆北路2号)

通县曙光印刷厂印刷

787×1092mm:6开本 8.75印张 206千字

1991年12月第1版 1991年12月北京第1次印刷

印数1—25300册 定价2.75元

ISBN 7-109-02337-0/S·1525

编写说明

本套教材是专为中央农业广播电视学校农业技术推广专业编写的。全套教材共12册，即《数学与物理基础》、《语文》、《政治》、《化学基础》、《植物及植物生理》、《土壤肥料学》、《农业推广学》、《市场学》、《作物病虫害防治学》（总论）、《种子学》、《作物栽培学》、《农业经济学基础》。另外，还编写有《农业新技术》和《田间试验》两本讲座教材，均按照中专水平编写。

本套教材着重编写农业技术推广所需的基础理论、基本知识和一般的农业技术推广方法，以求学员提高分析和解决农业技术推广问题的能力。

为使本套教材能适应广播电视教学和农村基层干部、知识青年自学的特点，尽量做到文字通俗，安排适当的插图及表格，以加强直观。每章后附有本章提要及复习思考题，全书后附有实验实习及复习思考题答案要点。

考虑到学习的对象比较广泛，学员的基础和要求不完全相同，在基本教学内容外，另用小字编排一部分参考性的补充教材，学员可根据条件选择自学。配合这套教材，备有讲课录音、录像磁带，以便于各级学校开展教学。

因编写时间仓促，水平有限，本套教材存在不少问题和缺点，今后将在教学实践中，根据广大读者的意见，进行修改和订正。

目 录

第一章 田间试验概述	1
第一节 田间试验的意义和任务.....	1
第二节 田间试验的基本要求.....	1
第三节 田间试验的误差.....	2
复习思考题.....	5
第二章 田间试验设计	6
第一节 试验方案的设计.....	6
第二节 田间试验的环境设计.....	9
第三节 常用的田间试验设计.....	13
复习思考题.....	18
第三章 田间试验的实施和田间观察记载	19
第一节 田间试验的实施.....	19
第二节 田间观察记载.....	22
第三节 田间试验的收获与测产.....	26
复习思考题.....	31
第四章 试验资料的整理和样本特征数	32
第一节 几个基本概念.....	32
第二节 资料的整理.....	33
第三节 样本特征数.....	39
复习思考题.....	46
第五章 差异的显著性测验	48
第一节 差异显著性测验的概念.....	48
第二节 处理平均数的差异显著性测验.....	52
第三节 样本百分数(成数)的差异显著性测验.....	57
第四节 显著性分析中应注意的问题.....	58
复习思考题.....	59
第六章 方差分析	61
第一节 单向分组资料的方差分析.....	61
第二节 系统分组资料的方差分析.....	64
第三节 两向分组资料的方差分析.....	66
复习思考题.....	71
第七章 田间试验结果的分析	73
第一节 田间试验结果的初步整理.....	73

第二节 对比法设计试验结果的分析	73
第三节 间比法设计试验结果的分析	76
第四节 随机完全区组设计试验结果分析	78
第五节 裂区设计试验结果的分析	84
复习思考题	89
第八章 直线回归与简单相关	91
第一节 两个变数间关系概述	91
第二节 简单相关	93
第三节 直线回归	95
复习思考题	98
第九章 次数资料的统计分析方法	100
第一节 卡平方定义与卡平方值表	100
第二节 适合性测验	100
第三节 独立性测验	101
复习思考题	103
附录: 农作物田间试验记载项目及标准	104
水稻	104
小麦	106
玉米	109
棉花	111
甘薯	113
附表 1 随机数字	117
附表 2 t 分布	118
附表 3 成组数据比较的秩和测验表	119
附表 4 成对数据比较的秩和测验临界值表	120
附表 5 5%和1%点, F 分布	121
附表 6 一定显著水平下相关系数r的值	126
附表 7 χ^2 (卡平方) 分布	126
复习思考题答案要点	128

第一章 田间试验概述

第一节 田间试验的意义和任务

科学研究是生产的先行和准备,发展农业生产,农业科学研究必须走在前面。农业科学研究的途径有二:一是调查研究;二是科学试验。调查是在已有事实的基础上,总结其规律。试验则是在人工控制的条件下,探索事物的本质和事物之间的内在联系,揭示其规律。调查和试验在有些问题的研究上是不能相互代替的,有时需要结合进行。但是在农业生产和农业科学的大量问题中,更多的问题需要通过试验来解决。农业科学试验的方式很多,如盆栽试验,试验室、温室试验,近代的人工气候室试验,以及田间试验。在这些试验方式中,田间试验是最基本的试验方式。因为农业生产主要是在田间进行,新技术的应用,新品种的选育,新的科研成果的推广,都必须通过接近生产条件的田间试验来鉴定效果,方可确定其应用价值和适应的区域。近年来,随着我国科学技术和生产的发展,保护地栽培,特别是蔬菜保护地栽培已成为蔬菜生产中的重要一环。因此田间试验也包括在保护地生产条件下所进行的试验。我们强调田间试验是农业科学试验的基本方式,并不意味着否定其它试验方式。盆栽试验,温室、试验室及人工气候室试验,在很多问题的研究上起着重要作用。由于这些方式更易做到严格地控制试验条件,有助于对一些问题的深入研究,和对某些基本理论问题的探讨,因此不能否定这些试验方式。而且田间试验也常常需要与其它试验方式结合。但是,通过其它试验方式所取得的研究成果,若推广应用于生产,仍然需要通过田间试验鉴定效果。这也说明了田间试验不仅是农业科学试验的基本方式,而且也是联系农业科学理论与农业生产实践的桥梁。在正确的观点指导下,应用正确的方法,不断地揭示农作物的生长发育规律,探讨提高生产力、增进品质的途径,为生产不断地提供新技术、新品种并为发展农业科学理论作出贡献,这就是包括田间试验在内的农业科学试验的任务。

第二节 田间试验的基本要求

田间试验是在生产环境下的田间进行,试验条件不易控制。试验条件控制不好,就会给试验带来较大的误差,甚至得不到正确的结论。从这一点来说,田间试验更具有复杂性。为了使田间试验结果正确可靠,并能在生产中推广应用,对田间试验有如下几点基本要求。

(一) **试验条件应有代表性** 试验条件的代表性是指试验地的自然条件和农业技术条件应有代表性。自然条件包括土壤类型、地势、气候条件等等。农业技术条件包括耕作制度、灌溉设施、施肥水平等等,都要对准备推广试验成果的地区有代表性。试验条件有无代表性关系到试验成果能否在生产上推广和应用。但是在考虑试验条件的代表性时,也不要仅仅局限在现实条件内,也要考虑到在不久的将来可能发展变化的条件。使试验研究工作始终

走在生产的前面，体现试验研究是生产的先行。

(二) 试验结果要具可靠性 可靠的试验结果，才能对生产起指导作用，否则还可能给生产带来损失。要使试验结果正确可靠，必须保证试验的准确性和精确性。准确性是指试验中对某一试验指标的观察值与其相应真值的接近程度。接近程度愈高，准确性愈高。精确性是指对某一试验指标的重复观察值之间彼此接近的程度。重复观察值之间愈接近，精确性愈高。在一般情况下，准确性难以度量，这是因为试验指标的真值常常是未知的，而试验的精确性则是可以度量的。试验的准确性与精确性，在一定条件下，有着密切关系。这就是，当试验不存在系统误差时（系统误差的概念见本章第三节），二者的表现是一致的。即当试验不存在系统误差时，精确性愈高，准确性也愈高。这就好象打靶一样，每次打中的位置都是靶心时，说明打得既准确又精确。若每次打中的位置都偏离靶心，而且很分散时，说明打得既不准确也不精确。如果每次打中的位置虽然都偏离靶心，但却集中在某一个位置，这说明精确性高而准确性低。分析发生这种情况的原因，是由于存在系统误差的结果。这种系统误差可能来自枪上的瞄准器，也可能来自打靶人的视差，使打靶的结果总是往一个方向偏离靶心。如果消除这种系统误差，就会使打靶的结果既精确又准确。因此，要使试验结果正确可靠，应尽可能地在消除系统误差的前提下，提高试验的精确性，相应地也就提高了试验的准确性。

(三) 试验结果要具重演性 所谓重演性是指在相似的条件下，重复进行同一个试验能够得到相似的结果。试验具有重演性方可使研究成果推广后，达到预期效果，否则无推广价值。要使试验结果具有重演性，除保证试验的代表性，可靠性好，还必须明确试验结果是在什么样的情况下获得的。这就需要做好田间基本情况的记载，建立田间档案，观察记载作物的生育期和生育状况，记载有关的气象情况，为重复同一试验获得类似结果提供依据。此外年份不同气候条件也常有所不同，为了确切了解某一新品种或某项新措施在一般气候条件下的反应，试验应重复进行2—3年。

第三节 田间试验的误差

一、误差的概念

田间试验中的每个处理都有它的真实效应，但是由于试验中受到一些非处理因素的影响，使处理效应不能确切地反映出来，这样由试验得到的观察值就包含了两个方面的成分，一方面包含了处理效应；另一方面也包含了非处理因素的影响作用。这种使观察值偏离处理真值的非处理因素的影响作用就是误差。误差有两类：一是系统误差；一是随机误差。

(一) 系统误差 这种误差是指服从某一确定规律的误差，在相同条件下做重复观察时，这种误差始终不变。田间试验中，不合理的试验设计，试验所用的仪器、工具不一致，试验操作人员分工不合理等，都会给试验带来系统误差。由于系统误差决定着观测结果的正确性，同一条件下的多次观测并不能发现系统误差，只有改变形成系统误差根源的条件时，才能发现其存在，因此田间试验中应采取一切可能措施避免系统误差的发生。如前所述，当试验存在系统误差时，试验的准确性与精确性并不表现一致，只有在消除系统误差的基础上提高试验的精确性，才能保证试验结果正确可靠。

(二) 随机误差 也称偶然误差，它是由人为难以完全控制的某些偶然因素的影响而产生

生的误差。这种误差在单次观测时可大可小,可正可负,但多次观测时,随着观测次数的增加,其算术平均值趋于零。统计分析中所指的误差是指这种误差而言。田间试验中,由于不可能重复很多很多次,取样调查的样本容量也不可能无限增大,故这种误差的存在是不可避免的。但是这种误差的大小决定着试验的精确性,即这种误差越小,试验精确性越高。因此也必须采取措施,把这种误差控制到最小程度,以提高试验的精确性。近代田间试验的特点是把试验设计与统计分析密切地结合起来,为了对试验结果进行显著性检验,必须合理地估计和有效地控制试验误差。

试验误差对于处理效应的影响,可作以下简要说明。设A处理平均值为 $\bar{y}_A$,其真值(即无误差影响的处理效应)为 μ_A , $\bar{y}_A$ 中包括误差效应的量为 Δ_A ,当 Δ_A 为正时, $\bar{y}_A > \mu_A$, Δ_A 为负时, $\bar{y}_A < \mu_A$, $\bar{y}_A$ 与 μ_A 的关系为: $\bar{y}_A = \mu_A + \Delta_A$ 。同理对于B处理也有: $\bar{y}_B = \mu_B + \Delta_B$ 。当进行A处理与B处理平均值之间的比较时, $\bar{y}_A - \bar{y}_B$ 与两个真值之间比较的差数 $\mu_A - \mu_B$ 的关系可用下式表达:

$$\bar{y}_A - \bar{y}_B = (\mu_A - \mu_B) + (\Delta_A - \Delta_B)$$

上式可简记作

$$d = D + \Delta$$

由上式可知:

1. 当 $\bar{y}_A$ 与 $\bar{y}_B$ 的误差完全相等时,即 $\Delta = 0$ 时, $d = D$,此时观察值之间的差等于真值之间的差。在此情况下,用观察值之间的差数推断处理的真实效应是完全正确的,但是在田间试验中 Δ 总是不可能为零的。

2. 若 $|\Delta| < |D|$,则由 d 推断 D 虽不可能完全正确无误(或推断的 D 偏大,或偏小),但不会造成A、B两个处理的优劣颠倒。如假设 $D = 10$, $\Delta = -6$,则 $d = 4$,如果用 $d = 4$ 来推断 D ,虽然推断的结果有偏低,但处理A优于处理B的结论仍然是对的。如果 Δ 不是-6,而是+6,则 $d = 16$,用此结果推断 D ,则推断的结果大为偏高,但仍未使A、B两个处理的优劣颠倒。

3. 在另一种情况下则可能得出与事实不符的相反结论,如当 $|\Delta| > |D|$,假如 D 仍等于10,而 $\Delta = -12$,则 $d = -2$,用此推断 D ,所得结论则是A劣于B,这就与事实完全相反,把优劣颠倒。由此可见严格地控制试验误差,对提高试验结果的可靠性极为重要。

二、试验误差的来源及其控制

田间试验中误差的来源主要有以下三个方面:

(一) 试验材料的差异 试验材料的差异是指供试材料包括种子、秧苗、苗木、植株在遗传型上不纯,生活力、生长发育进度和生长势上的不一致。试验材料的上述差异会给试验带来误差。

(二) 试验操作和管理措施上的不一致 如田间试验中的各项田间管理和试验操作的时间上、操作的质量标准上,使用的工具上的不一致以及调查取样的时间、标准、测量分析使用的仪器上的不一致,操作人员分工的不合理等也会给试验带来误差。

(三) 试验条件的不一致 如试验地土壤条件的差异,小气候条件的不同,病虫、鸟兽为害程度上的差异以及风、雨、冰雪灾害的影响不同等等。其中土壤差异是田间试验中误差的最主要来源。是田间试验中重点控制的对象。

针对以上误差的来源,田间试验中控制误差的途径要从以下几方面入手:

1. 选择同质一致的试验材料 所谓试验材料同质,是指要选择品种纯正的种子、秧苗、苗木和植株。要选择生活力、生长势和生长发育进度一致的供试材料。当选择完全一致的供试材料有困难时,可将其充分混合均匀后使用,也可按秧苗的大小、植株生长势强弱等分成若干级别,将不同级别的材料按相同比例分配于各个小区,也可在每个重复区内分配同一级别的试验材料。

2. 试验的各项操作管理力求一致 试验中各项措施以及取样、观察、测量分析等各项操作应在进行的时间、标准、使用的工具、仪器等力求做到一致。如果对整个试验做到完全一致有困难时,也要保证在一个区组内做到一致。在操做人员的分工上,要以区组为单位进行分工,切不应按处理分工。

3. 控制好试验条件 重点要控制好试验地的土壤差异,在保护地条件下的田间试验也要控制好小气候条件的差异。选择符合要求的试验地,应用恰当的小区技术,采用合理的试验设计和相应的统计方法可有效地控制这方面的误差。

关于小区技术和试验设计将在下一章讨论,本节仅讨论有关试验地的选择培养和利用的问题。

三、试验地的选择培养和利用

试验地是田间试验的基本环境,选择符合要求的试验地是控制误差、提高试验可靠性的基础。由于土壤形成的历史和利用情况的不同,土壤的理化性质和肥力状况大不相同。作为田间试验的土壤基地应具备的两个最基本的条件,即均匀性和代表性。

(一) 均匀性 是指试验地土壤肥力、质地均匀一致,不仅耕作层土壤肥力、质地均匀,而且土壤底层结构也应一致。要选择近年内耕作、施肥、种植的作物种类相同的地块作为试验地,耕作利用情况不同的土壤,在肥力上会出现较大的差异。作过房基、路基、肥坑、打过温床、阳畦的地块均匀性会遭到破坏,且会持续很长时间,故不宜选作试验地。起伏不平的地块,不仅肥力不均而且不能保证均匀灌水,因此要选择地势平坦的地段作试验地。在丘陵坡地做试验,宜选择等高缓坡或梯田作试验地。

(二) 代表性 是指试验地的土壤类型、肥力水平、地形、地势都应对准备推广试验成果的地区有代表性。试验地不宜靠近住宅、畜舍、河边、塘岸树林及高大建筑物等以免受特殊小气候的影响而失去代表性。

了解土壤是否均匀一致的简单方法,可在作物生长季节,观察作物生长的一致程度。耕翻土地时观察土堡色泽是否相同,剖面结构是否一致。对土地的历史沿革和近年来的耕作利用情况进行必要的了解。如耕层下有无干涸河床、沙带,曾否有过建筑物、积肥坑等。

了解土壤是否均匀一致 比较理想的方法是进行空白试验(也称勘察播种试验),在拟选作试验地的地块上,划分相等面积的小区(小区面积不宜太大一般为正式试验时小区面积的五分之一),各小区等量播种同一种作物,采取相同管理措施。作物生育期间进行一、二次观察,遇有病虫为害严重或遭其它灾害的小区要登记区号,做好记录以备分析时参考。收获时各小区单收单打分别计产,根据各小区产量计算变异系数。由变异系数的大小可以看出土壤的均匀程度,就一般作物的试验来说变异系数在10%以下作为试验地较好,而大于15%时,不宜作为试验地。计算变异系数的方法也可根据勘察小区产量变化的分布状况,将勘察小区划分若干个区组,计算每个区组内小区产量的变异系数。

当选择的试验地均匀性不够理想时,可采取匀田措施。即在几个生长季中连续种植同一种密播作物,如小麦、水稻、绿肥、大豆等,并用一致的管理措施,利用密播作物吸收利用土壤养分的自然调节特性,使土壤肥力达到均匀一致。在复种指数较低的地区,休闲也可将土壤肥力逐渐调整均匀。

在试验地的使用上,建立试验与匀田的合理轮换制也是十分重要的。做过一季试验的土地,由于试验中不同处理的影响常给土壤带来新的差异,如果在该试验地上继续做另一个试验,必将给后一个试验带来误差。为了避免上述情况的发生,可将全部试验地划分3—4个区,在这3—4个区内,轮流进行试验和匀田,既保证试验质量,又不影响生产。

复习思考题

一、解释下列名词:

1.准确性 2.精确性 3.系统误差 4.随机误差

二、填空:

1.试验的准确性和精确性在_____的条件下,二者的表现是一致的。

2.统计分析中所指的误差是指_____误差而言。

三、回答下列问题:

1.为什么说田间试验是农业科学试验最基本的方式?

2.对田间试验的基本要求是什么?

3.田间试验中误差主要来自哪几方面,如何控制?

4.选择试验地时要考虑哪些条件?如何判断试验地是否均匀一致?

第二章 田间试验设计

第一节 试验方案的设计

一、几个名词概念

试验因素 试验中所研究的变化着的因素或者说试验中要考察的因素。作物的每一种性状表现，都是由多方面因素共同作用下产生的，就拿产量性状来说，它是受品种、温度、光照、水分、土壤营养、种植密度等等多方面因素的作用形成的，我们做试验不可能将所有的因素都同时进行研究，只能将其它因素控制在一定状态下，研究一个或几个因素不同状态时的效果，这种被研究的变化着的因素称为试验因素。

水平和处理 试验中对试验因素所采取的不同状态称为水平。如品种比较试验，参加比较的每一个品种就是一个水平。不同品种是质上的区别，这种水平称为质量水平。再如密度试验，比较某一作物品种在不同密度下的产量、品质，这里参加比较的每一种密度就是一个水平，这种水平是量上的区别，是比较单位面积内株数不同的差异，这种水平称为数量水平。

对单因素试验（试验只考察一个因素）来说，水平和处理是一个概念。即一个水平就是一个处理。对于多因素试验（试验中同时考察二个或二个以上的因素）来说，处理是指各试验因素不同水平间相互搭配的组合，也称处理组合。例如品种和密度的二因素试验，品种有两个水平（ V_1 、 V_2 ）密度有3个水平 D_1 、 D_2 、 D_3 ，则这个试验的全部处理为： V_1D_1 ， V_1D_2 ， V_1D_3 ， V_2D_1 ， V_2D_2 ， V_2D_3 共6个组合。多因素试验全部处理的数目为各因素水平数的乘积。

试验指标 用以衡量处理效应的作物性状称为试验指标，如产量、株高、穗粒数、成熟期等。

效应 试验因素的不同状态（水平）对试验指标所起的增加或减少的作用。如灌水比不灌水平均每亩增产100公斤，这就是灌水的效应。单因素试验中试验因素不同水平间试验指标量值上的差异称为简单效应。多因素试验的效应比较复杂，可分为简单效应、主效应和互作效

试 验 因 素	A(施肥)			
	水 平	A_0 (不施肥)	A_1 (施肥)	$A_1 - A_0$
B (灌 水)	B_0 (不灌水)	200	225	25
	B_1 (灌水)	215	250	45
	$B_1 - B_0$	15	35	

应，多因素试验中的简单效应是指在其它试验因素水平相同下，某一个试验因素不同水平间试验指标量值上的差异。如一个施肥和灌水的二因素试验，施肥二水平， A_1 ：不施肥， A_2 ：施肥。灌水也为二水平， B_1 ：不灌水， B_2 ：灌水。该试验共有4个处理，试验结果小区产量（公斤）如上页表（假定数据）。

由上页表得出：在不灌水的条件下，施肥的简单效应为25公斤/小区；在灌水的条件下，施肥的简单效应为45公斤/小区；在不施肥的条件下，灌水的简单效应为15公斤/小区；在施肥的条件下，灌水的简单效应为35公斤/小区。

多因素试验中的主效应是指试验因素内各简单效应的平均。仍以上表结果为例，施肥因素A的主效应为 $\frac{1}{2}(25+45)=35$ 公斤/小区。灌水因素的主效应为 $\frac{1}{2}(15+35)=25$ 公斤/小区。

多因素试验中的交互效应（也称交互作用或连应），是指试验因素间相互促进或相互抑制而产生的效应。它可用因素内简单效应差数的平均数来表示。仍以上表资料为例，施肥在不灌水的条件下其简单效应为25公斤/小区，在灌水条件下，其简单效应为45公斤/小区。可见施肥的简单效应并不是固定不变的，它是随着灌水而增加的。同样在不施肥条件下，灌水的简单效应为15公斤/小区，在灌水的条件下，其简单效应为35公斤/小区，它是随着施肥而增加的，这种施肥与灌水的相互促进使产量增加，就是施肥和灌水的交互效应，其交互效应值为：

$$\frac{1}{2}(45-25)=\frac{1}{2}(35-15)=10\text{公斤/小区}$$

交互效应有正有负，当交互效应为正时，说明因素间存在相互促进的作用，当交互效应为负时，说明因素间存在相互抑制的作用。多因素试验当因素间不存在交互效应时，其最优处理组合为各因素最佳水平的搭配。二个因素间的交互称为一级交互，三个或三个以上因素的交互称为高级交互。

二、试验方案类型

试验方案是指根据试验目的和要求所确定的一组处理，它是试验设计的重要组成部分。根据试验因素的多少，试验方案可分为二类：

（一）单因素试验方案 只考察一个因素的试验称为单因素试验。单因素试验方案就是对该试验因素所确定的各个具体水平。单因素试验方案设计简单，容易实施，所得结果易于分析找出最佳水平。但只能得到简单效应，试验获得的信息量少，而且结论也往往是初步的。

（二）多因素试验方案 在一个试验中同时考察二个或二个以上试验因素，称为多因素试验。多因素试验方案又因所确定的处理的具体情况，分为以下类型：

1. 均衡试验方案 均衡试验方案是指试验各因素水平间的相互搭配具有正交性。所谓正交性是指在试验所确定的处理组合中，任何两个因素的水平之间相遇的机会相等。例如一个三因素各二水平的试验，各因素的水平相互搭配的组合有 $2^3=8$ 个。设A因素的两个水平为 A_1, A_2 ，B因素的两个水平为 B_1, B_2 ，C因素的两个水平为 C_1, C_2 ，其全部搭配的处理组合为：

$$\begin{array}{cccc} A_1B_1C_1 & A_2B_1C_1 & A_1B_2C_1 & A_2B_2C_1 \\ A_1B_1C_2 & A_2B_1C_2 & A_1B_2C_2 & A_2B_2C_2 \end{array}$$

在以上 8 个处理组合中，任意两个因素的水平间相遇的次数均为二次。这种任意两个因素的水平在全部处理组合中相遇的机会相等的特性称为正交性。多因素试验的均衡试验方案，又因试验确定的处理数的多少，分为全面实施方案和部分实施方案。全面实施方案是试验所确定的处理包括了各试验因素水平间可能搭配的全部处理组合。如以上三因素各二水平的试验，如将其可能搭配的 8 个处理组合全部进行试验比较，这就是全面实施方案。如果在这 8 个处理组合中，只选择一部分处理组合做试验，但仍保持正交性，则这种试验方案称为部分实施方案。例如在以上三因素各二水平的试验中，只选择以下 4 个处理组合进行试验：

$$A_1B_1C_1 \quad A_1B_2C_2 \quad A_2B_1C_2 \quad A_2B_2C_1$$

以上 4 个处理组合中，各因素水平间相遇的次数均为一次，仍保持了正交性，但方案的处理组合数则减少了一半，这种试验方案称为部分实施方案。部分实施方案确定处理组合时，一般要借助于正交表，故这种试验方案也称为正交试验。

2. 非均衡试验方案 多因素试验的非均衡试验方案，也是一种部分实施方案，但试验所确定的处理组合不具有正交性。如以上三因素各二水平的试验，若只选择 $A_1B_1C_1$ 和 $A_2B_2C_2$ 二个处理组合进行试验，这种试验方案就属非均衡试验方案。

三、试验方案设计要点

(一) 试验方案的选择 在一个试验中采用什么样的试验方案，主要根据试验的目的、任务和要求试验回答的问题来决定。因此在选择试验方案时，必须首先明确试验的目的要求，在这一前提下力求简单，突出重点，例如引种试验，目的在于把外地优于当地的品种引进本地，以提高产量或品质。若要求试验只解决这一问题，可用单因素试验。供试的外地品种和本地品种就是这个试验的试验方案。又如以解决本地麦收后适宜的下茬玉米品种及其适宜的播种期，则宜应用二因素试验。多因素试验的全面实施方案最突出的优点是不仅可以了解各因素的简单效应，还可了解各因素的主效应和因素间的互作效应，可获得较多的信息，试验效率较高。但是应用全面实施方案时，试验的因素数和各因素的水平数不宜太多，否则处理数太多，难以控制试验误差，试验也不易实施。田间试验一般要求处理数不超过 20 个，多因素试验的因素数以 2—3 个为宜。多因素试验一般是在单因素试验对各因素的单独作用有所了解的基础上进行的。

多因素试验，若试验因素较多时，可应用部分实施方案，它可以大大减少试验方案的处理数，缩小试验规模，减少试验的工作量。部分实施方案可以较精确地比较处理组合的优劣，也可分析各因素的主效，但是常会出现主效和互作效应的混杂。这种试验方案可用于试验初期筛选试验因素。待明确关键因素后再作全面试验。

多因素试验的非均衡试验方案，多用于综合试验。它的一个处理往往是一系列经过实践初步证明的各因素不同水平的优良配套。选择一种或几种可能适合当地条件的综合性丰产技术措施与当地常规措施比较。这种试验对推广综合性丰产经验是有效的。但是它不能研究各个因素的主效，也不能研究因素间的交互作用。若要求回答上述问题应同时配合进行单因素试验或有关因素间的多因素全面实施的试验。

(二) 试验因素水平的确定 这里所说的水平是指数量水平而言，因为质量水平不存在

人为划分问题。数量水平需要考虑水平的上、下限和水平间距。如对试验因素有些初步了解时，可能估计的最佳水平作中心点，然后向两端延伸确定上、下限。上、下限范围不必太大。上、下限确定后，可按等距分割或等比分割方法，确定中间各水平。一般来说，等距水平更便于对试验结果的分析。当对试验因素不甚了解，又无文献提供参考时，最好先做一下预备试验。预备试验时水平的上、下限范围和水平间距都可大些。待预备试验大体看出趋势后再调整水平进行正式试验。正式试验时，水平间距不应过大过小，过大易将最佳水平漏掉，过小时水平数目太多，给试验的实施增加难度，同时水平间的差异也易被误差所掩盖。

(三) 试验方案应包括对照处理 试验方案所确定的一组处理中，应包括作为比较标准的对照处理。如育种试验中往往要根据育种目标确定一个标准品种，只有超标材料才能入选。在有的情况下，对照不只设一个，而设几个，如早熟对照、丰产对照及抗病对照等。一般的品种比较试验，要以当地普遍栽培的品种为对照。栽培试验中要以当地普遍应用的同类措施为对照，也有的试验是以不施加任何处理为对照，称为空白对照。如研究某种新肥料施用量的试验，可以不施用该肥料为对照。在多因素试验中采用均衡试验方案时，有时不易确定以哪个处理组合为对照。在这种情况下，也可不必设对照。

(四) 试验方案要体现处理间的唯一差异原则 所谓唯一差异原则是指试验方案中所确定的一组处理，它们之间的唯一差别，仅仅在于试验因素的水平上，而其它条件应该一致。这个原则在一般情况下试验者是能注意到的，但在某些试验中，有时也可能忽略。如药剂浸种试验，根外追肥试验以及喷洒生长调节剂试验。这类试验处理对作物的影响，既有药剂或肥料的作用，也有溶解这些药剂或肥料的水的作用。如果试验方案中只设不浸种不喷肥或不喷药处理为对照，则未完全体现唯一差异原则，正确的设计应再增设等量清水浸种、或喷洒等量清水处理，只有这样才能比较出药剂或肥料本身的作用。

第二节 田间试验的环境设计

田间试验的环境设计，主要包括控制环境差异（主要是土壤差异）的小区技术以及小区和区组在田间排列的方法。环境设计的主要目的是控制误差，提高试验的精确度，获得无偏的试验误差估计量，使处理间得到正确的比较。

一、环境设计的基本原则

(一) 重复原则 试验中施加一个处理所用的供试材料单位称为试验单元（或供试单位）、试验单元可以是一片叶子、一个植株，或若干个植株，也可以是包含一定数量植株的一定面积的土地。田间试验中在多数情况下，是以包含一定数量植株的一定面积的土地为试验单元，故也称为小区。试验中将一个处理施加于两个或两个以上的小区时，称为重复。一个处理施加的小区数就是该处理的重复数。重复原则就是指试验的每个处理至少要施加两个小区。重复的作用在于降低试验误差和估计试验误差。作为田间试验的基本环境——土壤差异的存在是普遍的。如果一个处理只施加一个小区，则不同处理小区由于所处的位置不同，土壤差异将给其带来不同的影响，必然给试验带来较大的误差。如果一个处理施加两个或两个以上的小区，可使每个处理的各次重复不致都处在肥力较高或肥力较低的地段，这样所求得的处理平均值，就相对减少了土壤差异给试验带来的影响。重复4次的平均数误差要比重

复1次的误差减少一倍。田间试验中误差的估计是由各次重复的观察值之间的差异估计的。¹如试验只有一次重复,各处理只有一个观察值,则误差无法估计。

(二) 随机化原则 随机化是指每个处理施加于小区的方法,不是按试验者的意志来决定,也不按处理代号的顺序依次安排,而是凭机会也就是使每个小区都有同等机会接受任何一个处理。统计学要求每个观察值都应是独立的随机变量,只有随机化才能满足这一要求。随机化的作用在于获得试验误差的无偏估计。试验地土壤环境的差异,常表现某种趋势的变化,如由肥力高到肥力低,或由肥力低到肥力高的顺序性变化。随机化可以避免各处理小区在各重复区内始终按顺序依次排列,避免两个处理小区始终相邻或始终间隔一定距离,从而把土壤肥力的趋势变化对各处理的影响变成随机性质。重复只对误差的估计提供了条件,重复加随机化才能无偏地估计试验误差。

(三) 局部控制原则 局部控制是指分范围、分地段控制土壤环境和试材等非处理因素的影响,使非处理因素对各处理的影响最大限度的趋于一致。无论是空间或平面,局部范围内的差异总是要小于全局范围内的差异。田间试验中,较小地块的土壤差异,必然小于整个试验地的土壤差异。局部控制就是运用这个原理将试验地按重复次数划分成相同数目的区组。在每个区组内按处理数目划分小区,每个小区随机地施加一个处理。由于区组的面积相对较小,试验条件比较一致,各处理都能在相对一致的条件下进行比较,从而提高试验的精确性。田间试验中当供试材料不完全一致时,也可应用局部控制原则,将同一个级别的试验材料播种或栽植在同一个区组内,也可起到控制误差的作用。重复可以降低误差,重复加局部控制可以更有效地降低试验误差。

二、田间试验的小区技术

许多研究证明,田间试验小区面积的大小、小区内试材的拥有量、小区的形状等都与试验误差的大小有关。田间试验的小区技术就是围绕降低试验误差,合理的设计小区的面积、形状、重复次数以及保护行的设置等。

(一) 小区面积 确定适当的小区面积对控制土壤差异、降低试验误差具有重要意义。一般来说,小区面积增大,土壤差异减小。但是二者之间并不是一种线性关系,在一定范围内,增加小区面积可使土壤差异明显下降,但是当小区面积增加到一定程度时,继续增加小区面积,则降低误差的效果越来越小,说明小区面积并非越大越好,而且当小区面积增至很大时,必然加大区组的面积,区组面积过大就会失去其局部控制的作用。

具体试验时,小区面积多大为宜,要根据作物种类、试验内容和试验条件等加以考虑。一般来说,轮作试验、施肥、灌溉试验、机械化试验等小区面积宜大些;品种和其它栽培试验小区面积可小些。不同作物种类,如玉米、甘蔗、西瓜、南瓜等作物小区面积可大些、一些密播作物如稻、麦、葱蒜类蔬菜等小区面积可小些。试验地土壤肥力的差异较大时,小区面积应大些;肥力差异小时,小区面积可小些。试验阶段的不同如育种试验前期观察、鉴定阶段小区面积可小些,后期品比、区域试验阶段,小区面积应大些。

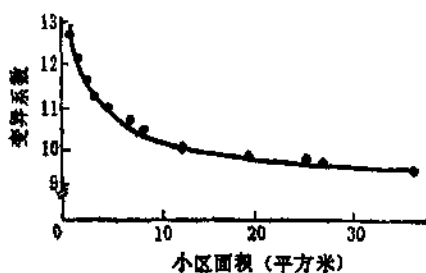


图2.1 变异系数和小区面积的关系
(水稻空白试验)

预备试验的小区面积可小些,正式鉴定试验小区面积应大些。具体确定小区面积时还应考虑,所确定的小区面积内足能形成各特定处理的一个正常群体。根据这一原则,在一般情况下,稻麦等密播作物小区面积为7—20平方米,玉米、棉花等大株作物小区面积为15—50平方米。同样根据以上原则蔬菜田间试验小区内试验材料的最低拥有量为:结球叶菜类、茄果类、黄瓜等作物小区内株数不少于50—60株。洋葱、大蒜等作物小区内不少于100—200株。保护地栽培试验小区面积可比露地试验小。

(二) 小区形状 小区形状是指小区的长、宽比例。在通常情况下,长方形小区,尤其是狭长形小区控制土壤差异的效果比方形小区好。这是由于长方形或狭长形小区所包括的土壤差异范围较方形小区大,而长方形或狭长形小区还有利于试验的操作管理。大田、蔬菜作物小区的长宽比例一般为3—10:1左右。应用机械操作时,小区的宽度可为机械作业宽度的倍数。长度则以机械运转方便为度。处理效应易于扩散及邻区的试验,如施肥、灌水、农药等试验,小区可采用正方形或接近正方形,这是因为对相同面积的小区来说,方形小区的周长最短,在划去小区两端受邻近处理影响的边行后,仍可保证一定的计产面积。

(三) 重复次数 前面曾经讨论过作为田间试验环境设计的基本原则之一,重复的意义是降低试验误差和估计试验误差。这里作为田间试验的小区技术进一步说明重复次数与试验误差的关系。以及确定重复次数的原则。重复次数与处理平均数误差的理论关系如图2.2所示。由图2.2中可以看出,处理平均数的误差是随着重复次数的增加而降低,但是它们之间的关系也不是线性关系,重复次数在1—10次范围内,增加重复次数降低误差的效果十分明显,重复10—30次范围内,误差降低效率明显下降,重复30次以上时,效率甚微,这说明重复次数并不是越多越好。许多空白试验结果表明,在试验地面积相同的情况下,增加重复次数比增加小区面积控制误差的效果要好,实践中增加重复次数降低误差的速率要比以上理论值小,特别是在重复次数已增加较多时,再增加重复次数时,误差下降速率更小于理论值。这是由于实际试验中,随着重复次数的增加,也增加了试验操作的工作量,相应地也增加了试验操作的误差所至。

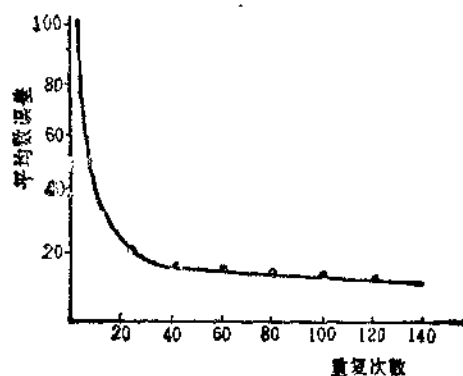


图2.2 重复次数与误差大小的理论关系
(假定一次重复时的误差为100%)

具体确定试验的重复次数,要考虑小区面积的大小,小区面积大时,重复次数可少些,否则重复次数应多些。当试验地土壤肥力均匀时,重复次数可少些,土壤差异较大时,重复次数应多些,精确度要求较高的试验,重复次数宜多些。科学的试验设计,要求试验误差的自由度不低于12,(自由度的概念见第四章第三节)当处理数目固定时,增加重复次数可使试验误差自由度增加。目前我国的田间试验,大多重复3—4次,重复5—6次者甚少,其实对于要求精确度较高,且条件又允许的试验,将重复次数增加到6—8次,将会大大提高试验的精确度。小区面积很小,重复次数又很少的试验难于得到可靠的试验结果。

(四) 区组的设置 区组的合理设置是发挥局部控制作用的具体措施。区组设置的原则