

肥料

田间试验指南

FEILIAO

TIANJIAN SHIYAN ZHINAN

全国农业技术推广服务中心 编著

 中国农业出版社

非外借

肥料

田间试验指南

FEILIAO

TIANJIAN SHIYAN ZHINAN

全国农业技术推广服务中心 编著

中国农业出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

肥料田间试验指南 / 全国农业技术推广服务中心编
著. —北京: 中国农业出版社, 2018. 12
ISBN 978-7-109-24857-1

I. ①肥… II. ①全… III. ①肥料-田间试验-指南
IV. ①S146-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 259999 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 魏兆猛

北京万友印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 16.5

字数: 385 千字

定价: 59.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 辛景树 徐 洋 傅国海

副 主 编 (按姓氏笔画排序)

马荣辉 王 帅 孔庆波 代天飞 丛日环

冯娜娜 李剑夫 吴远帆 沈 欣 陈 娟

郜翻身 姜 娟 索全义 戴志刚

编写人员 (按姓氏笔画排序)

于立宏 马荣辉 王 帅 王 健 王 颖

王华云 孔庆波 代天飞 丛日环 冯娜娜

曲明山 任 涛 刘顺国 阳路芳 李小坤

李剑夫 吴长春 吴远帆 何 权 何宝生

辛景树 沈 欣 沈金泉 张 青 张世昌

张淑贞 陈 娟 岳虹羽 周 璇 赵春晓

钟建中 郜翻身 姜 娟 索全义 栗方亮

夏 颖 徐 洋 高 娃 郭跃升 唐珍琦

陶姝宇 康六生 董艳红 傅国海 傅晓岩

鲁剑巍 戴志刚

前言

肥料是粮食的粮食，对保障国家粮食安全和重要农产品有效供给发挥了重要作用。规范的肥料田间试验是肥料新产品市场准入的前提，是肥料新产品、施肥新技术大面积推广的基础。多年来，各地农业部门通过开展田间试验示范，引导企业按照发布的肥料配方生产供应配方肥，引导农民科学选肥，推动肥料新产品应用、新技术推广，将科学施肥技术落实到农民看得见摸得着的肥料上，实现技物结合，有力地推动了科学施肥的普及。随着肥料产业的发展和化肥零增长行动的深入，无论是肥料新产品，还是施肥新技术，均有了较大的变化。肥料新产品多元化趋势已经形成，复合化、长效化、集成化、专一化、功能多样化已成为肥料新产品的最明显标识，施肥方式突出农机农艺融合、水肥耦合、种肥同播、基施与追施配套。

为了规范肥料田间试验操作，提高试验数据质量，更好地服务于农业生产，全国农业技术推广服务中心在系统总结提炼肥料田间试验工作的基础上，组织有关专家编写了用于指导全国肥料田间试验的工具书《肥料田间试验指南》。全书共分七章：第一章为概述，包括田间试验概念及特点、田间试验的重要性、田间试验的要求、国内外肥料田间定位试验介绍等；第二章为肥料田间试验的设计，包括田间试验设计原理、田间试验方案设计、试验田间设置方法、肥料田间设计的特殊要求等；第三章为肥料田间试验主要类型及设计，包括“3414”田间试验、田间“2+X”肥效试验、肥料利用率试验、不同施肥时期和施肥方式试验、其他肥料肥效试验等；第四章为田间观察记载，包括生长性状调查、产量性状调查、品质性状调查、作物抗性指标调查和数据记载要求；第五章为样品采集与检测，包括土壤样品采集与制备、植株样品采集与制备和样品检测方法；第六章为统计分析，包括数据处理、统计分析方法与原理、数据分析；第七章为肥料田间试验报告编制，包括撰写试验报告的目的与

意义、试验报告的构成要素和试验报告规范要求与范例。为了方便广大读者，本书还附了有关标准。

在本书的编写过程中，我们得到了全国农业技术推广服务中心领导的大力支持，得到了有关省（自治区、直辖市）土肥推广部门、科研院所和高等院校专家的指导，在此一并表示感谢！

由于时间仓促，加之水平有限，书中不足之处难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2018年12月

目 录

前言

第一章 综述	1
一、田间试验概念及特点	1
二、田间试验的重要性	3
三、田间试验的要求	4
四、国内外肥料田间定位试验介绍	15
第二章 肥料田间试验的设计	21
一、田间试验设计原理	21
二、田间试验方案设计	23
三、试验田间设置方法	34
四、肥料田间试验设计的特殊要求	42
第三章 肥料田间试验主要类型及设计	46
一、“3414”田间试验	46
二、田间“2+X”肥效试验	50
三、肥料利用率试验	57
四、不同施肥时期和施肥方式试验	65
五、其他肥料肥效试验	69
第四章 田间观察记载	71
一、生长性状调查	71
二、产量性状调查	83
三、品质性状调查	93
四、作物抗性指标调查	95
五、数据记载要求	96

第五章 样品采集与检测	99
一、土壤样品采集与制备	99
二、植株样品采集与制备	102
三、样品检测方法	107
第六章 统计分析	148
一、数据处理	148
二、统计分析方法与原理	154
三、数据分析	172
第七章 肥料田间试验报告编制	189
一、撰写试验报告的目的与意义	189
二、试验报告的构成要素	189
三、试验报告规范要求与范例	191
参考文献	205
相关标准	208
微生物肥料田间试验技术规程及肥效评价指南	216
缓释肥料 效果试验和评价要求	222
肥料增效剂 效果试验和评价要求	228
肥料效果试验和评价通用要求	237
土壤调理剂 效果试验和评价要求	249



第一章

综 述

一、田间试验概念及特点

(一) 田间试验基本概念

田间试验是指在田间土壤、自然气候等环境条件下栽培作物，并进行与作物有关的各种科学研究的试验。田间试验是最接近于大田生产条件的方法，但同时，田间试验不同于一般的大田作业，它以小区为种植单位，面积较小，一般在几平方米到几百平方米之间。它的结果可以为准确评价农业科学成果提供可靠的科学依据。任何一项农业科研成果或先进技术措施的引进与推广，都必须首先通过田间试验的鉴定，考察其在实践中的表现，才能避免盲目性，防止对农业生产造成损失。

肥料田间试验是一种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，是农业化学的主要研究方法之一。通过合理的试验设计、实施技术与统计方法力争以较少投资、较短时间在人为控制条件下探明各种农业化学规律，提出合理施肥措施，达到提高产量、品质、经济效益以及培肥土壤、减少环境副作用的目的。

(二) 田间试验特点及种类

1. 田间试验的特点

田间试验与环境条件、农业生产条件密切相关。复杂性是田间试验的重要特征。外界环境条件会对田间试验产生很大的影响。生物体与外界环境条件是不可分离的。环境条件的许多因素，例如地势、土壤、水分、肥料、气候条件、耕作、栽培技术和病虫害等，对于作物的生长发育、作物的产量和品质有着显著的影响。而且在自然条件下，这些自然因素是多种多样和变化多端的。例如，试验区的土壤及其肥沃度的不一致、地形的不一致、田间管理的不一致等，都会影响田间试验的结果。因此，在进行田间试验的过程中，必须深刻考虑试验在这些方面的特点；必须设法防止和减少各种偶然发生的自然因素对于田间试验的影响，并设法控制各种自然因素使其与规定的要求相接近。环境条件的某些自然因素（水分、空气、温度、日光和养料等）是作物生长发育所必需的，作物对于这些因素的要求不是孤立、分离的，而是综合和密切联系着的。其中某一因素发生变化，常常会使其其他因素发生变化，从而对植株的生长发育有所影响，因此必须在田间试验工作中慎重处理、密切注意。由于农作物的生长发育受气候条件的限制和影响，所以农作物田间试验的

季节性很强，试验需要较长的时间。从试验开始到试验结束，常常需要整个生长季节，而且常常是一年只能进行一次，今年试验告一段落后，要到明年才能继续进行，不少试验要继续进行若干年才能获得比较正确的结果。

肥料田间试验和培育新品种的田间试验、作物栽培田间试验有不同之处。概括起来，肥料田间试验的具体特点如下。

(1) 肥料田间试验具有严格的地域性和季节性 农业生产的最大特点之一是地域性很强。肥料试验会因时间、地点和条件的不同而表现出不同的效果。在一个地区进行田间试验获得的研究成果，最适宜在当地推广应用。由于作物生长发育受气候条件的影响和限制，所以田间试验的季节性也很强。而且，田间试验的周期长，从试验开始到结束，常常需要作物的整个生长季节，有的一年只能进行一次，有的试验还要继续进行若干年，才能获得可靠结果。

(2) 作物产量的高低和品质的优劣是由多种因素决定的，如气候、品种、土壤、肥料、管理等 而影响产量的因素因情况不同而不同，如旱地上种庄稼，降水量常常是决定产量高低的主要因素，在一般土地上影响产量高低的主要因素常是肥料。只有在其他因素能满足供应作物的需要时，肥料才能发挥较好的作用。所以一般肥料试验要争取在其他因素均有利的情况下，研究如何使作物得到足够的养分，以达到高产、优质、低成本的目的。

(3) 每种作物有特定的养分需求规律，所以不同作物对不同肥料有不同的反应 春小麦对磷素的反应很灵敏，施用磷肥后可发现株高、叶色都有变化；玉米对磷素的敏感性就不如小麦。同一种肥料对不同作物效果是不同的，绝不能将小麦肥料试验的结果随意地套用到玉米上去。肥料的效应只能通过具体的作物来反映。

(4) 影响作物产量和品质的因素很多，有些因素年际间影响产量和品质的变动较小，有些因素年际间影响产量和品质的变动较大 肥料试验结果的变动是较大的，其试验结果因地点、年份而有很大的差异，而且试验常受微小的土壤条件和水分变化的影响。简单和短时间的试验很难得出正确的结论，甚至同一试验要连续几年才能得到较正确的结果。所以要注意肥料田间试验有较大的相对性。

(5) 田间试验普遍存在试验误差 由于田间试验受到试验因素以外各种内在的、外在的非试验因素的影响，特别是受到客观存在的土壤差异的影响，使田间试验结果常常包含不同来源的试验误差。因此，在进行田间试验的过程中，应采取各种措施尽量降低试验误差，采用相应的统计分析方法分析试验资料，以正确估计试验误差，得到可靠的结论。

2. 田间试验的种类

为使田间试验的结果能正确地反映客观实际，有效地应用于农业生产，田间试验必须符合一定的要求，具有一定的特点。肥料田间试验从试验研究的目的、任务、要求、方法、期限、场所等不同角度可划分为不同种类。试验种类按其因素分类，可将田间试验分为单因子试验、复因子试验及综合试验。

(1) 单因子试验 田间试验中研究的对象称为试验因子，同一试验因子中的几个不同水平或类别称为试验处理。单因子试验是指在同一试验中只研究一个因子的若干处理效应的试验。例如，若要研究几种形态氮肥对水稻产量的效应，则氮肥形态即为试验唯一研究

的因子, 试验过程中除氮肥形态不同外, 其他栽培和管理的技术措施相同。又如, 在同一肥力水平上, 要比较几个品种作物的产量, 那么作物品种就是所要研究的试验因子, 而每一个不同的品种就是一个处理。通过处理间的比较, 了解品种因子对产量的影响, 因此, 这个品种试验就是单因子试验。单因子试验目的单纯, 试验规模较小, 应用范围较窄, 如在酸性缺磷土壤上比较几种形态磷肥的肥效与在石灰性土壤上得出的结果会有很大的差别, 即使在同一土壤条件, 氮肥施用量的大小也可能导致磷肥效果较大的变化。因此单因子试验结果是在某种条件下得出的局部规律, 应用范围不宜随意扩大。在实践中, 往往是针对生产上的关键问题开展单因子试验。由于仅包含一个因子, 所以做起来比较简单, 容易得到明确的结果, 应用比较广泛。

(2) 复因子试验 指在同一试验中, 研究两个以上因子作用的试验。例如, 氮、磷二因素肥料用量试验, 研究对象为氮肥和磷肥用量两个试验因子, 而氮、磷、钾三因素肥料用量试验, 研究对象为氮肥、磷肥、钾肥用量三个试验因子。又如, 研究某作物的两个品种三种密度的试验, 便是 2 个因子的复因子试验, 其中品种为一个因子, 密度为另一个因子, 这两个因子可组成 $2 \times 3 = 6$ 个处理组合。通过这些处理间的比较, 可了解不同因子间的相互联系、相互制约及其综合作用。复因子试验能够研究不同肥料之间或肥料与其他农业措施之间的相互关系, 说明问题比较全面, 但因子数目以及各因子水平数不宜过多, 否则试验规模庞大, 试验精度下降。在做复因子试验之前可先进行单因子试验以明确每个因子的效应, 然后取重要因子开展复因子试验, 从而减小试验规模, 提高试验效率。

(3) 综合试验 指探索若干因子的优良水平配套在一起的综合效果试验。它不研究且不能研究因子主效应和因子间交互作用效应。综合试验通常是在试验的主导因子及其交互作用已基本清楚的基础上设置一种或几种优良水平组合, 再与当地常规处理作比较, 选出较优的综合性处理, 因此对该综合性处理具有检验和示范作用。此外, 为了检验单项措施的效果, 常进行该项措施与当地常规措施的对比试验, 这种试验也属于综合性试验范畴。

也有将肥料试验按照试验目的划分为以下 4 种基本类型。

(1) 肥料品种试验 例如施用硫酸钾和氯化钾的比较、复合肥与单养分肥料的比较, 以及当前各种叶面肥、菌肥、植物生长调节剂的增产效果比较等。

(2) 施肥时期试验 例如基肥、追肥量的不同分配, 不同追肥时期的比较等。

(3) 施肥方法试验 如碳酸氢铵的深施与浅施比较, 基肥撒施、条施及穴施的比较等。

(4) 肥料用量试验 目的是确定一种或多种养分肥料的最佳施用量。

二、田间试验的重要性

作物生产是在田间进行的, 田间是各种作物的基本生活环境。作物的产量、品质及特征特性的表现是田间各种自然环境条件综合作用的结果。由于农业科学试验的材料和内容具有多样性和复杂性, 除田间试验外, 还要采用多种其他试验方式予以配合, 如实验室试验、温室试验、人工气候箱(室)试验等。但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, 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。我们强调田间试验是农业科学试验的基本方式，并不意味着否定其他试验方式。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。试验室或温室试验能较严格地控制在田间条件下难以控制的某些试验条件（如温度、光照、土壤水分等）并简化试验条件和过程，有助于揭示作物生长发育规律；利用人工气候箱（室）进行试验，可对温度、湿度、日照和光强等同时调节，模拟某种自然气候条件，对研究农业生产的理论问题具有重大的意义。但这些试验研究结果能否在大田生产中推广应用，还必须经过田间试验的检验。田间试验的环境条件是接近大面积生产的有代表性的条件，其研究成果应用到实际生产中容易获得预期的效果，实现大面积推广，很快转化为现实生产力。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做出贡献。因此，田间试验是大面积推广农业科技成果的准备阶段，是农业科学试验的重要形式，也进一步说明了田间试验在农业科学研究中具有不可替代的重要地位，是联系科学理论与实践的桥梁。

田间试验比较接近大田情况；所以田间试验的成果在大田推广更有效。田间试验有一套多年累积的方法：从试验设计、田间试验方法到试验结果处理。如结合大田调查资料做核对，这样就可可在较短时间得到可靠的结论。

肥料是作物的粮食，没有肥料作物就生长不好。有了肥料，如果施用不当，作物同样也生长不好。当前，不善于科学用肥是影响农业可持续发展的一个突出矛盾。肥料田间试验就是要通过一系列的试验，得出一个地区各种肥料对各种作物的效用，以及施用量和施用时期等，从而达到科学施肥和合理用肥的目的。

肥料长期定位试验以长期固定的土壤管理模式使土壤性质按不同的方向不断地改变，从而形成具有不同肥力性状和生物活性的各种土壤类型。不论是追踪上述发展变化的过程，还是比较发展变化后的结果，肥料长期定位试验为土壤科学和其他相关学科提供了极为珍贵的研究对象。利用这一类试验，有可能对一些十分复杂或似是而非的问题得以深入地认识并给予科学阐述。肥料长期定位试验能系统地研究土壤肥力和肥效的变化规律，能反映因气候变化对肥效的影响，能对土壤中养分的平衡、作物对肥料的反应、施肥对土壤肥力的影响、轮作施肥制度的建立等合理施肥问题进行长期、系统、历史的定位研究，并作出科学的评价。它具有常规试验不可比拟的优点，是农业生产和农业科学的一项重要基础工作，历来受到土壤肥料界的重视。

三、田间试验的要求

（一）田间试验基本要求

作物生长在自然环境的土壤中，其生长发育过程始终受到各种外界环境因素的综合影响。各地的自然环境条件不同，对作物的生长发育具有不同的影响，在不同环境条件下的试验结果也不尽相同。由于田间试验是在生产环境下的田间进行，田间环境条件难以精确控制，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,田间环境条件增加了试验的复杂性,使试验结果一般都存在或大或小的试验误差。为了有效地开展试验,使试验结果能够在提高农业生产和农业科学水平上发挥应有的作用,田间试验应有以下基本要求。

(1) 试验目的要明确 为了提高农业生产的水平和效益,推动农业科学发展,在深入生产实际调查和阅读大量农业科技文献的基础上,选择有科学性、创新性、针对性、现实性、预见性的研究课题进行试验研究,以解决当前生产中的实际问题。对试验的预期结果要心中有数,进行试验前最好能对试验结果提出符合科学理论的假说。

(2) 试验条件要有代表性和先进性 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。农业技术条件包括耕作制度、灌溉设施、施肥水平等,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。

肥料试验条件必须能代表将来准备推广试验结果地区的自然条件(如土壤种类、肥力水平、地势条件、气象条件等)与栽培条件(如水利状况、轮作制度等)。例如,推广地区土壤大部分为青紫泥,土壤比较肥沃、排水不畅,则肥料试验地和栽培措施必须与这些具体条件相适应。否则,如果选择河边排水良好、肥力较差的沙土做试验,并选用仅适于沙土的栽培措施,那么试验结果就不能在当地大面积推广。试验的先进性是指田间试验密切结合当前实际,在考虑了试验条件的代表性的同时,也不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,考虑农业发展的前景。使试验研究工作始终处在生产的前面,体现试验研究是生产的先行。

(3) 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。要使试验结果准确可靠,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。接近程度越高,准确性越高。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。重复观察值之间越接近,精确性越高。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。在一定条件下,试验的准确性与精确性有着密切关系。当试验不存在系统误差时,二者的表现是一致的,即当试验不存在系统误差时,精确性越高,准确性也越高。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。另外,为保证试验的准确性,在试验中,除了试验研究的项目外,试验的其他条件都应尽可能一致,以排除其他因素的干扰,减少试验误差。如肥料试验是比较各种肥料的用量、比例、施用时间、施用方法等的效益,所以在试验中除肥料这一因素可以改变外,其他因素应该尽量一致。

(4) 试验结果具有重演性 所谓重演性即规律性,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。这样的试验结果才是规律性的东西,只有规律性的东西才能用于生产,指导生产。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。

(二) 田间试验设计及其基本原则

田间试验设计的主要作用是控制、降低试验误差，提高试验的精确性，获得试验误差的无偏差估计，从而对试验结果进行精确的统计分析。要使一个田间试验能真正反映事物的客观规律，能为生产上所应用，同时又能最大限度地减少工作量，即多、快、好、省地进行试验，其试验设计需要遵循以下几个原则（图 1-1）。

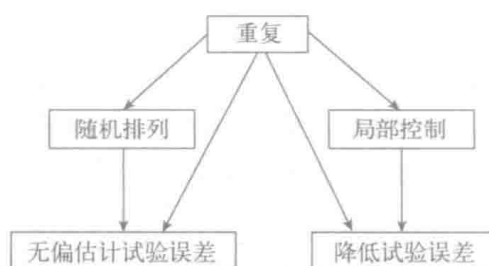


图 1-1 田间试验设计三个基本原则的关系和作用

(1) 处理间设置重复 试验中同一处理种植的小区数即为重复次数。每一处理种植一个小区，则为一次重复；每一处理种植两个小区，即为两次重复。重复的主要作用是估计试验误差。试验误差是客观存在的，但只能由同一处理的几个小区间的差异估得。同一处理有了 2 次以上重复，就可以从这些重复小区之间的产量（或其他性状）的差异估计误差。如果试验的各处理只种一个小区，则同一处理将只有一个数值，无从求得差异，也就无法估计误差。设置重复的另一作用是降低试验误差，因而可提高试验的精确度。标准误与标准差的关系是：误差的大小是与重复次数的平方根成反比的。故重复多，则误差小。有四次重复的试验，其误差将只有一次重复的同类试验的一半。此外，通过重复也能更准确地估计处理效应。因为单一小区所得的数值易受特别高或低的土壤肥力的影响，所以多次重复所估计的处理效应比单个数值更为可靠，使处理间的比较更为有效。

(2) 随机排列 随机排列是指一个重复中的某一个处理究竟安排在哪个小区，不要有主观意识。虽然设置重复提供了估计误差的条件，但为了获得无偏的试验误差估计值，也就是误差的估计值不夸大和不偏低，则要求试验中的每一处理都有同等的机会设置在任何一个试验小区上。随机排列才能满足这个要求。因此，用随机排列与重复结合，试验就能提供无偏的试验误差估计值。

(3) 局部控制 局部控制就是分范围、分地段地控制非处理因素，使对各处理的影响趋向于最大程度的一致。因为在较小地段内，影响误差的因素的一致性较易控制。这是降低误差的重要手段之一。田间试验设置重复能有效地降低误差。但是根据土壤差异通常所表现的邻近区肥力比较相似的特点，如试验田增大，土壤差异也要随之增大，因此，增加了重复，相应增加了全试验田的面积，必然会增大土壤差异。如果同一处理的各个重复小区完全随机种植，则会由于土壤差异的增大，重复的增加将不能最有效地降低误差。为了克服这种情况，可将试验田按重复次数划分为同数的区组。如有较为明显的土壤差异，最好能按肥力划分，每一区组再按供试品种或处理数目划分小区，一个小区安排一个不同品种或处理。由于每一重复（区组）的不同处理设置在较小面积的试验田而相邻在一起，处理间的差异就较少受土壤差异影响。而受土壤差异影响较大的区组间的差别则可以应用适当的统计方法予以分开。因此，能影响试验误差的只是限于区组内较小地段的土壤差异。

而与增加重复扩大试验田而可能增大的土壤差异无关。这种布置就是田间试验的“局部控制”原则。

一般来说主要是利用以上三个基本原则做出田间试验设计，配合应用适当的统计分析，就能准确地估计试验处理效应，获得无偏的、最小的试验误差估计。除此之外，研究者们还关注了以下两项原则。

(1) 正确地确定因素和水平 在试验中需要考查哪些因素，各取多少水平以及需要考虑哪些因素的交互影响，要根据这次试验所要解决的问题是什么，它的主要矛盾可能在哪儿，生产上为解决这个矛盾可能采取的措施以及这些措施间可能存在的互相制约和依赖的程度而定。为此，就需要对上述问题广泛地搜集有关资料 and 进行必要的调查，否则试验就陷于盲目性或者使试验的结果在生产上不能应用。

(2) 适当地确定小区的面积 小区面积的大小对试验的结果和工作量有很大的影响。小区面积过大，势必加大区组的面积，在地形变化大的地方或试验材料不一致时，同一区组内的各小区间就丧失了可比性。因此，要考虑试验地的条件，在区组内立地条件大体一致的前提下，来安排小区的面积大小。面积过小的小区，会增加相同的各小区间的差别，要达到既定的精度，就要增加重复的次数。尤其在某些处理效应对邻近小区的边缘植株会产生明显的影响而需要设置较宽的保护带的试验（如施肥试验、不同密度试验等）时，土地利用更不经济。因此，小区的面积要综合考虑试验地的情况、试验的内容等因素，权衡决定。

(三) 田间试验对土壤的要求

1. 试验地的土壤差异

试验地是田间试验最重要的基础条件，土壤差异是田间试验误差最主要、最普遍的来源。田间试验设计、小区安排和试验实施过程中，许多减少试验误差的措施主要都是针对控制土壤差异而采取的。土壤差异的形成有以下两个原因。

一是土壤形成的基础，即成土母质或地形地势不同，造成土壤的物理、化学性质方面的差异。土壤形成基础方面的差异往往是较大范围的，通过选择试验地的适当位置，一般不会造成很大的试验误差。虽然土壤形成基础产生的差异往往导致系统误差，但只要了解土壤差异情况，合理安排试验小区，可以使其对试验结果的影响降低到最小。

二是土壤利用过程中产生的差异。土壤利用的历史不同，前茬种植的作物不同，种植作物的过程中土壤耕作、施肥等技术措施上的不一致导致土壤差异。例如，在一块地的不同位置分别种植花生和玉米，或红薯与大豆，由于作物的养分吸收与利用、根系分布、残留物的多少等方面的差异，会使土壤的结构、肥力等特性产生差异，影响后季作物的生长。土壤差异一旦形成，会维持较长时间，短期内难以消除。因此，选择试验地时，应该了解其前作作物及土地利用情况，这对降低田间试验误差，提高试验正确性有十分重要的意义。

土壤差异是可以测量的。最简单的办法是目测法，即根据前茬作物生长状况是否一致予以判断。更精细地测定土壤肥力差异可采用空白试验。空白试验是指在整个试验地上种植一个植株个体较小的作物品种；从整地到收获的整个作物生长过程中，采用一致的栽培

管理措施；对作物生长状况仔细观察，遇有特殊情况，如严重缺株、病虫害等，注明地段、行数，以便将来分析时予以考虑；收获时，将整个试验地划分为若干个形状与面积相同的小区，依次编号，分开收获，得到产量数据。根据各小区的产量高低，就可获知试验地土壤差异情况。

土壤差异的表现形式大致可分为两种：一种是肥力呈梯度变化，即肥力高低有规则地从大田的一边到另一边逐渐变化；另一种是肥力呈斑块状变化，有的地点肥，有的地点瘦，变化无规律。针对这两种土壤差异的表现形式，布置小区时应有所区别。

2. 试验地的选择

正确选择试验地是减小土壤差异、控制试验误差和提高试验正确性的重要措施。除了试验地所在的自然条件、农业条件更有代表性以外，还应注意以下几点。

(1) 试验地的位置要适当 试验地的环境要有代表性，符合种植试验作物的要求，地势、土质等要能代表当地主要土壤情况。试验地应选择阳光充足、四周有较大空旷地的地段，不宜选择靠近楼房、高树等屏障旁边的地段，以免遮阴影响或造成试验小区环境不一致。试验地也应便于管理，周围有相同作物的田地，应与道路、村庄、牧场保持一定距离，避免人、畜践踏。

(2) 试验地最好选用平地 平地的土壤水分和养分等条件的均匀性一般优于坡地，产生的试验误差通常较小。如果试验地高低不平，就会造成土壤水分、温度和养分的较大差异，增大试验误差，也不便于田间管理。若没有平地，应选用沿一个方向倾斜的缓坡地，并在布置小区时，尽可能使得同一区组的各小区设置在同一等高线上。

(3) 试验地的土壤结构和肥力要均匀一致 如果试验处理数目较多，试验占地面积较大，至少应做到一个区组的土壤结构和肥力尽可能均匀一致。如果土壤肥力差异较大，要适当减少处理数目，使试验占地面积较小，土壤结构和肥力容易均匀一致。

(4) 试验地应有土地利用的历史记载 以往土地利用的不同对肥力的分布、均匀性，甚至土壤结构都会有较大影响，因此应根据试验地土地利用的历史记载，选择近年来在土地利用上相同或接近的田块。对不宜连作的作物，应避免选用多年连续种植该作物的田块。

(5) 试验地采用轮换制 为了避免因前作试验处理造成的土壤肥力差异的影响，使每年的试验能设置在土壤肥力较均匀一致的土地上，应对试验地采用轮换制。经过不同处理的试验后，尤其是在肥料试验后，由于不同小区施肥量甚至肥料种类不同，作物生长状况也有一定差异，原试验地的土壤肥力的均匀性也受到较大影响，在一定时间内难以恢复，只能用做一般生产，以期试验地的土壤肥力逐渐恢复均匀性。或者通过以下措施来降低土壤肥力的差异。

一是匀地播种，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1~2年，使肥力恢复均匀后再作试验地使用。

二是增施大量有机肥，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。

3. 合理规划小区控制土壤差异

合理规划小区可以有效地控制土壤差异及田间操作管理引起的误差，提高试验精确

性。小区技术一般包括以下几个方面：

(1) 小区面积的确定

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 $666.7 \sim 2\,000\text{ m}^2$ ，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，植株变异较大的作物如玉米、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。

一般来说，在一定范围内，试验误差随着小区面积的增大而降低，因为小区面积扩大后，种植的株数增多，受土壤差异等偶然因素的影响则趋于缓和。但是，土壤差异的减少与小区面积的扩大并非成等比例的，当小区面积扩大到一定程度后，其作用就渐渐不明显了，甚至由于小区面积的扩大，使不同小区的距离拉大，导致小区间的土壤差异加剧，反而加大了试验误差。浙江农业大学曾做过水稻的空白试验，当小区面积为 5.34 m^2 时，变异系数为 6.32% ，小区面积为 10.67 m^2 时，变异系数为 4.80% 。因此，他们认为 6.67 m^2 或 10.00 m^2 的小区面积，误差可以保持在 6% 以下，以此作为水稻田间试验的最小小区面积是适宜的。据各地经验，油菜、甘蔗、高粱等大株作物的小区面积以 $16.68 \sim 133.40\text{ m}^2$ 为宜，水稻、小麦等小株作物的小区面积以 $6.67 \sim 33.35\text{ m}^2$ 为宜。

(2) 小区的形状与排列方向 设计小区时，除要有适当的面积外，还必须注意采用合适的形状。在通常情况下，长方形的小区，特别是小区的长边沿着土壤肥力或地形、地势变化的方向扩展时，则每个小区内所包括的土壤差异越全面，小区间的土壤差异会相对减少，试验准确性可相应提高（图 1-2）。这也是试验小区排列方向的重要原则。此外，长方形小区也便于各项操作管理和观察记载。但是小区的形状也不能过于狭长，以免加大小区的四周边界，增加边际的影响。一般采用的长宽比例以 $(3 \sim 8) : 1$ 较为适宜。对于一些边界效应较大的试验，如肥料试验、灌溉试验等，应尽量采用近方形的试验小区，可以减小小区间的相互影响。

(3) 重复次数 重复次数应根据试验所要求的精确性、土壤差异的大小、试验材料（如种子）的数量、试验地面积、小区大小、处理数目的多少等具体情况决定。试验精确性要求较高、土壤差异较大、试验材料较多、试验地面积较大、小区面积较小、处理数目较少时，重复次数应多些。试验精确性要求不高、土壤差异较小、试验材料较少、试验地面积较小、小区面积较大、处理数目较多时，重复次数可少些。田间试验一般设置 $3 \sim 4$ 次重复。

(4) 保护行的设置 为了使各处理小区所处的环境条件尽可能一致，保护试验材料不