

灌溉试验方法

全国灌溉试验研究班编

水利电力部农田水利司

灌溉试验方法

全国灌溉试验研究班编

水利电力部农田水利司

前 言

灌溉试验是农田水利管理运用和科研工作的一个重要组成部分，它是通过长期的观测、试验、研究工作来探索农作物的需水规律，以及各种农作物在不同土质、不同气候和不同农业措施下的最优灌溉制度和灌水方法等等，力求达高省水、节能、增产的目的。

建国以来，我国灌溉试验工作曾经过一段顺利发展时期，并取得一些可贵的成果，但在十年动乱时期，这项工作被压中断了多年。党的十一届三中全会以来，各地的灌溉试验站才得以陆续重建和恢复。为了推动灌溉试验工作的开展和提高科研技术水平，1981年原水利部曾委托水利部农田灌溉研究所和武汉水利电力学院举办了灌溉试验研究班，有来自27个省、市、自治区的88位同志参加。经过大家共同努力，广泛交流情况，总结经验，为编写“灌溉试验方法”提供了基本资料，后又经周仲瑜、陈玉民、宋毅夫、董兆鹏、张冬玲、葛成豪、吴化南几位同志进行了整理和汇编，并经武汉水利电力学院几位教师进行了修改和审定，得以完成本书的初稿。

全书共计十二章，着重介绍了作物需水量、灌溉制度、灌水技术的观测、试验方法，以及有关农业措施、农田小气候等方面的观测内容和资料的整理、分析方法。并提出了统一的观测记载表式。

由于我国幅员广阔，农业生产和自然条件差异很大，加以受到掌握资料和业务水平的限制，在编写中难免有遗漏和错误之处，希望读者多加批评指正。以便我们将来再版时加以补充和修正。

一九八二年八月

灌溉试验方法目录

第一章 灌溉试验场地的建设	(1)
第一节 场地的选择.....	(1)
第二节 场地的规划设计.....	(2)
第三节 场站布设、人员与试验设备.....	(3)
第二章 田间灌溉试验设计	(6)
第一节 田间灌溉试验的基本要求.....	(6)
第二节 试验课题的提出与选择.....	(6)
第三节 试验区的规划布置.....	(7)
第四节 试验设计.....	(8)
第五节 田间试验操作技术.....	(18)
第三章 作物需水量试验	(21)
第一节 旱作物需水量的试验方法.....	(21)
第二节 水稻田耗水量试验方法.....	(27)
第三节 作物需水量试验资料的一般分析方法.....	(30)
第四章 灌溉制度试验	(36)
第一节 灌溉制度试验的基本做法.....	(36)
第二节 旱作物灌溉制度试验.....	(36)
第三节 水稻灌溉制度试验.....	(42)
第五章 地面灌水技术试验	(48)
第一节 概述.....	(48)
第二节 合理灌水技术要素的试验研究.....	(48)
第三节 提高灌水工作生产效率的研究.....	(56)
第四节 平整土地方法的研究.....	(57)
第六章 灌溉试验中的量水方法	(59)
第一节 量水堰量水.....	(59)
第二节 量水喷咀量水.....	(65)
第三节 量水槽量水.....	(70)
第四节 水表量水.....	(79)
第五节 量水池量水.....	(82)
第七章 作物田间调查	(83)
第一节 生育性状调查.....	(83)
第二节 生理指标的测定.....	(94)

第八章 土壤水分物理性质的测定	(103)
第一节 土壤含水量的测定.....	(103)
第二节 田间持水量、凋萎系数和土壤渗透系数的测定.....	(108)
第三节 土壤物理性质测定.....	(111)
第九章 土壤及灌溉水质的化学分析	(116)
第一节 土壤养分分析.....	(116)
第二节 土壤盐分分析.....	(125)
第三节 土壤酸碱度、氧化还原电位及亚铁的测定.....	(135)
第四节 灌溉水质分析.....	(139)
第十章 灌溉试验中气象及农田小气候观测方法	(147)
第一节 灌溉试验气象观测的内容及观测场地的设置.....	(147)
第二节 地面气象要素观测方法.....	(148)
第三节 气象观测资料的记录、整理表格.....	(160)
第四节 农田小气候观测方法.....	(160)
第十一章 灌溉试验资料的整理和归档	(168)
第一节 资料整理分析的目的和步骤.....	(168)
第二节 灌溉试验资料的归档.....	(171)
第十二章 灌溉试验资料的数理统计分析方法	(188)
第一节 各种均数、校准差和变异系数的计算方法.....	(188)
第二节 相关与回归分析.....	(192)
第三节 方差分析.....	(207)
第四节 正交试验结果分析方法.....	(213)
第五节 经验公式的建立.....	(219)
附录：几种灌溉试验常用仪器设备	(226)

第一章 灌溉试验场地的建设

灌溉试验场地的建设是开展灌溉试验研究工作的基本条件,根据各地多年实践,灌溉试验站必须有本身专用的试验场地,这一工作未作好,就不能顺利进行试验工作和完成试验任务。粉碎“四人帮”后,我国大部分试验站逐步得到恢复,但体制不健全,有些完全在群众大田中开展试验而无本身专用场地,多数是力量薄弱,设备简陋。鉴于生产和科研的需要,今后一方面要对现有的试验站加以整顿、充实;另一方面要新建一批灌溉试验研究机构,使之全国范围内逐步形成灌溉试验研究的网点。

第一节 场地的选择

一、场地选择的原则与要求

场地的位置应结合所在地区农业区划等一般的自然条件进行选择,其中主要是考虑到试验的代表性和可靠性,此外还要考虑便于开展试验研究工作和推广工作。

(一)在代表性和可靠性方面应着重考虑以下几点:

1. 土壤条件:土壤种类(质地、理化性质等)应能代表该地区一般情况(一般能代表土质百分之七十以上)。试验场地之内各处土壤要求均匀。

2. 气候条件:按照农业气象自然区划,试验场应能代表该地区主要农作区的气象条件。

3. 地形地貌条件:场地的位置要能代表所在地区或灌区的地形地貌;场地避免在特高或灌区边缘地段,不要靠近河流、湖、海、森林、铁路、公路、大建筑物等以及对试验有妨害的工厂(距场地200米以外)。

4. 水文地质条件:场地不要选在地下水位(常年水位)特高或特低地区,并注意水文地质条件具有一般代表性。

(二)在便于开展试验及推广方面

1. 灌溉排水条件:场地要有良好的灌排条件,场内应有独立的灌排系统和充足的水源,保证灌排自如。

2. 生活交通条件:建站时应考虑有适当的交通、居住等生活条件,但场地不宜距村镇太近(距200米以外),以免人们活动损坏仪器和牲畜、家禽践踏作物。

3. 生产科研条件:场地最好能与当地的农业试验站或试验田结合起来,以便使灌溉试验与农业试验紧密结合,并有利于科研成果的推广。

二、场地的调查及资料搜集

站址选择前,应进行场地调查和收集有关资料,为场地规划设计和试验处理提供依据。其中应主要调查搜集以下资料:

1. 气象:该地区或附近地区的降雨量、蒸发量、气温、地温、相对湿度、风向、风速及无霜期等。

2. 场地土壤:应查清试验地段土壤的类型、分布、剖面,土壤的化学物理性质和机械

组成等。

3. 水文地质：地下水位季节变化及逐年变化，地下水的水质及其变化，地下水对作物生育及产量的影响。

4. 农业耕作技术：作物种类、分布、品种、各生育阶段日期，目前的耕作技术（播种量、中耕、除草、施肥等），倒伏、病虫害等情况。作物生育期的旱涝情况及作物遭受病虫害情况的调查。

5. 灌溉、排水情况：水源供应条件，排水出路条件，灌排渠系布置，灌溉制度，灌水方法，群众灌排习惯与经验。

第二节 场地的规划设计

场地可分为试验地段、场房及气象观测场三部分。

一、试验地段的划分

根据试验项目、方法和要求，结合当地机耕条件和农业种植习惯统一规划布置，以便能够最合理地利用试验地段的面积。

各种对比试验的试验地段净面积为处理 $\times$ 重复 $\times$ 小区面积，总面积系净面积+保护区、隔离区及其他预留区面积。（如有遮雨设备的应能使雨棚移动到距试验区较远的地方）。

二、气象观测场和观测地段的布置

气象观测场要选择和试验场地靠近的地方。场地要开阔、平坦、其附近没有任何妨害空气流通的障碍物，离村庄200米以外。为保持气象仪器不受人、畜损坏，场地外围要用铁丝网围边缘。农田小气候观测点需设在进行农田小气候对比的不同处理的田地上，但不应选在田地的角落上或边缘。如果试验站附近有气象站，并能利用其全部资料，则可不另外单独设立气象观测场，只需进行试验地段田间小气候观测。

三、场房布置

场房包括化验室、办公室、宿舍、仓库等，要建在场地附近，其位置应处在交通方便之处，与试验地段之距离应在最高建筑物高度的5~10倍以外。

四、渠系与交通网布设

灌排渠系与道路布置应满足机耕、田间管理、观测记载和灌排需要为原则。供试验用的引水渠道要保证水源充分，排水出路通畅。试验地段内要布置地下水观测井，以进行试验地段内的地下水观测工作。在各级引水渠和排水渠分别安设永久和临时的量水建筑物及控水建筑物。

五、试验地段的田面平整

试验场地必须认真加以平整，达到地面平顺，坡度一致，以保证灌水均匀。平整土地时，应注意不破坏熟土层。如果因平地造成地力不均，则需经过匀地栽培等方法恢复地力后，方能进行试验。

第三节 场站布设人员配备与试验设备

一、场站布设

灌溉试验站的布设，要按照试验任务要求，分清重点和一般。省、市、自治区一级要建

立中心试验站，根据自然地理条件特征，可以选大型灌区、农场内条件较好的站做为中心站，要配备较齐全的技术力量和一些先进的设备和仪器，它的任务主要是解决省内重要问题，适当开展长远性、理论方面的试验研究，同时负责全省灌溉试验站的业务指导、资料分析、成果鉴定、技术培训和学术交流等工作。灌区内的试验场站应由各省、自治区按照自然地理特点，农业、灌溉区划的要求。选择有代表性的三十万亩以上的大型灌区内建立试验场站。并向各站下达试验任务和项目要求。防止过去站与站间任务不明，试验项目重复，人、财力分散，成果不明显。同时也要结合本地生产实践和灌溉用水中存在的问题进行试验并及时总结推广。县以下群众性试验网点，要密切与当地农业技术推广单位相配合，进行重点项目观测和推广。

二、人员配备

为了今后逐步健全已有站和新建站人员配备，目前可参考1981年全国水利管理会议颁布的水利管理单位人员定编文件执行。大型灌区所属试验站人员20人。灌溉试验站人员配备中应包括水利、农业、气象人员。站长应选派懂得业务的人员担任。

三、试验设备

灌溉试验站需要购置的仪器设备，应视各灌溉试验站任务与试验项目而定。重点试验站一般要具备下述仪器设备（见表1—1），中心站设立化验室，灌区站根据工作需要酌定。

续表 1—1

4. 化验室用仪器设备 (有条件的可搞)	分光光度计	套	1	波长420~700毫微米
	光电比色计	套	1	
	电pH测定计	套	1	0.03pH单位
	蒸馏装置	套	1	玻璃接口
	各种玻璃试管、试瓶	个	若干	
	滴定管	支	若干	
	指示剂瓶	个	若干	
	电炉	个	1	
	导电仪	个	1	
	电动振荡机	台	1	
	土壤筛	套	1	
	玛瑙研钵	只	1	规格50毫米
	滴定管台	个	2	
	滴定管夹	个	2	
	酒精灯	个	2	
	试管夹	个	若干	
	其他			
5. 量水仪器与设备	量水堰与量水槽	个		视需要定
	地下水探测器	套		同上
	水位测针	个		同上
	量水仪表			同上
6. 辅助设备	气压表柜子	个	1	
	手持放大镜	个	1	
	皮尺	盘	2	
	小钢尺	盘	2	
	计算器	台	2~4	
	三角板	付	2	
	绘图仪	盒	1~2	
	曲线板	套	2~4	
	记录表册、图书用品, 照明用具 (手电筒等)			
7. 农业耕作设备	12马力拖拉机	台	1	视需要定
	柴油机	台	1	视需要定
	电动机	台	1	视需要定
	水泵	台	1	视需要定
	各种农具			
	其他			
8. 测量仪器	水准仪	架	1	
	水准尺	根	2	
	皮尺	盘	2	
	花杆	支	2	
	其他			

第二章 田间灌溉试验设计

田间试验是灌溉试验的主要手段。此外，对于重点试验站，应安排一些实验室试验、模拟试验等，以便对田间试验进行补充，这些试验称作辅助试验。

第一节 田间灌溉试验的基本要求

田间灌溉试验要能够获得有用的试验成果，就必须使试验具有起码的准确性和代表性。

准确性是开展灌溉试验的最基本要求，一般来说应符合以下几点：第一，要保证作物在正常的生育条件进行试验。如作物需水量试验中，设置防雨棚时，不能采用妨碍光照的材料。否则，就会影响作物的正常生长，使试验成果的真实性和代表性受到很大影响；第二，除研究的因素外，其他条件要尽量一致。例如灌水时间试验，除灌水的时间不同外，整个试验过程中的灌水量、农业措施等条件必须保证一致。否则，就不能进行对比。特别是灌水、中耕、施肥、防治病虫害等管理工作应严格的掌握其工作程序及质量的一致性。第三，正确处理不同因素的相互关系。作物的各种生活条件是同等重要不可代替的，又是互相影响、互相依赖、互相制约的。如在土壤适宜湿度试验中，改变了土壤湿度后，则会影响土壤温度、土壤空气状况、土壤微生物活动等。所以，此项试验，除设置不同湿度外，还应考虑不同土壤湿度在多肥和少肥情况下的适宜限度。

灌溉试验还要具有代表性。代表性是指所进行的试验研究，是否符合所在地区自然条件 and 生产情况。例如，在灌溉制度试验中，既要根据作物生长需水要求，又要考虑水源条件；既要考虑小面积丰水丰产，又要考虑大面积少水增产以及土壤肥力等情况。又如在田间沟渠网布置的研究中，既要考虑当前畜力耕种，又要考虑发展机耕等。

第二节 试验课题的提出与选择

灌溉试验场（站）的试验课题，有二种确定方式，一是由上级主管部门根据国家科研或生产需要下达。一是根据本地农业生产和灌溉管理中存在的主要问题选题。

一、选题的依据

进行灌溉试验研究，首先要正确地选择研究题目。选题正确，可以缩短试验研究时间，减少试验费用和人力，否则浪费时间和人力，脱离实际，得不出结果。因此，要求慎重选题。选题中主要依据以下几点：首先要根据当地灌溉用水中迫切要解决的问题，提出课题。因为，这类问题直接影响着当地生产力的提高和发展，对发展生产改进技术具有现实意义。其次，以调查研究当地和类似地区的先进经验入手，选择试验研究课题。第三，要根据农田灌溉科学长期发展的要求，选择研究课题。

二、选题的步骤

确定试验研究课题步骤一般是：

1. 调查和搜集资料。将有关调查资料和文献资料收集起来，进行初步整理，了解并分析当前生产上存在的关键问题，使所试验研究的课题有充分的依据和明确的目的要求，对于关键问题，集中力量进行深入的试验研究工作。

2. 组织讨论。在选题过程中，要组织有关人员进行充分的讨论，以便集思广益，明确方向和重点，使所选的课题更可靠。

3. 提出课题。在充分讨论的基础上，提出课题及具体的试验设计方案和计划。试验计划内容，包括研究依据，目的要求，解决的重点问题，研究的方法及完成时间，实现本项任务的力量部署及所需要的经费、设备等。

根据以上各点制定出详细作业计划。主要内容有以下几方面：

(1) 试验题目。

(2) 试验内容及目的、意义。

(3) 试验处理：处理因素及个数；处理执行办法；处理要求。

(4) 试验小区设计：小区面积；小区排列；保护区布设。

(5) 田间调查、观测项目和主要方法：作物生育期调查；作物群体生态调查；作物生理调查和测定；考种与测产；农田小气候观测；土壤理化性状测定；土壤水分测定；水文地质观测；特定调查测定等。

(6) 化验分析项目：土壤分析；土质分析；作物分析。

(7) 作物农事生产要求：作物品种，种植方法，栽培制度，施肥计划（包括基肥、追肥品种、数量及施用的时间）。

(8) 试验需用的仪器设备、材料、工具。包括已有的和需要购置的。

(9) 试验预期成果。

第三节 试验区的规划布置

一、试验地的选择

试验地块直接影响试验成果的正确性和代表性，选择不当，土壤地力差异很大，难以取得有用的结果。选择试验的原则与要求已在第一章论述，此处尤需强调这一点是，各试验小区的肥力要均匀。试验小区的土壤肥力、前茬、耕作等必须均匀一致。选择试验地块要注意土地的历史情况，设法避免旧道路与建筑物遗址、坟墓、井穴等。试验小区的土地在使用过程中要注意轮作，以恢复地力。

二、试验小区的规划布置与修建

试验布置以前，要进行田间规划工作。首先，根据事先测量好的总面积、土地及土壤肥力分布，结合试验内容，进行周密的田间设计，如小区面积、形状，重复，渠道、道路的分布等，然后进行田间布置。

1. 试验区的布置。首先将整个试验区划成矩形，然后进行小区、道路、渠道等的布置。定矩形的方法一般采用勾股弦定理画直角法和等腰三角形画直角法。试验区正方形画好后，要反复校正直角是否正确，无误后在四角钉上木桩，然后再按设计的小区长、宽及渠道、

道路和保护区，画出位置，最后进行畦埂、渠道和道路的修筑。

2. 渠道和道路的布置。试验区灌溉渠道的布置，一般根据地势和试验小区布置而定，但须便于灌水、排水和量水。水稻试验由于灌水频繁，小区及渠道布置最好采取单灌单排或单灌双排式；单灌单排是将灌水渠设置在小区的一端，另一端设置排水渠（见图2—1）。单灌双排式是在地块中间布置灌水渠，试验小区布置在灌水渠道两侧，灌水口相对的下端设置排水渠（见图2—2）；水稻试验亦采用此法。一般每一排小区都应有走道，可与灌、排渠道结合。小区间的走道可利用田埂。

量水设备的安装位置与小区位置不宜太远，一般距离第一小区进水口不要大于5米。常采用三角堰。

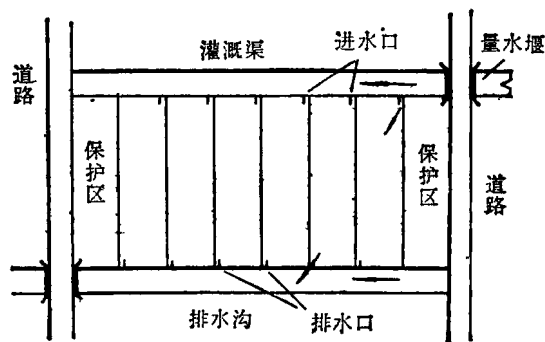


图2—1 单灌单排式示意图

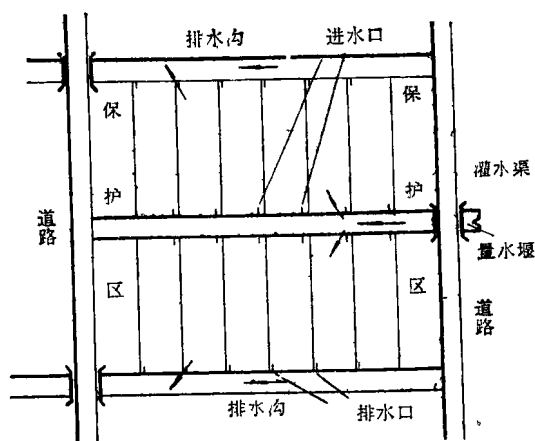


图2—2 单灌双排式示意图

3. 田埂及渠道的修筑，试验区的田埂与渠道的断面和修筑方法根据试验作物不同，要分别考虑。

水稻因系淹灌，必须修筑断面较大的永久性田埂，以防田埂渗漏，断面规格可取用高30厘米左右，顶宽15厘米左右，两边边坡约1:1，施工中要分层夯实。试验区内的灌水渠道内坡可用砖砌，以减少渠道渗漏。

旱作的畦埂系用渗水性较弱的土料，断面较稻田稍小，顶宽约10厘米，高约20厘米，边坡1:1。灌水渠坡降为1/500~1/800，流量20~30秒公升。

第四节 试验设计

一、处理的确

处理是试验的核心，处理设置恰当与否，关系到整个试验的成败。因此，一般要考虑以下几点要点：（1）结合当地生产水平和试验条件。（2）目的性要明确。（3）要考虑总结分析，避免处理过多，找不出规律，处理过少又不能说明问题。要抓主要因素，重点突出，以便于分析总结。（4）充分预料试验中可能发生的问题，提出相应的措施。（5）注意连续性。

试验处理组合是根据试验目的要求决定的，在灌溉试验中处理组合形式大致有以下两

1. 单因子试验：在试验处理设计中只研究一个因素对试验指标（如产量、水量等）的影响，除按处理条件安排不同水平的因素外，其他因素的条件完全相同。

2. 复因子试验（又称多因子试验）：是将两个以上因素，同时布置在一项试验内，找出其中每一个因素的作用和其间的关系。如灌水、肥料、密度的结合试验。找寻此三者的最好组合和三者之间的关系等。

处理数目与试验种类、排列方法、要求的精确程度有关，应以较少的处理解决较多问题，一般一组试验安排2~4个处理。

二、对照处理区的设置

设置对照区的目的是对比出试验处理间的差异情况，作为衡量试验效果好坏的标准和分析结论的依据。对照处理设置，一般有以下几种：（1）以存在的问题为对照。如灌水试验以不灌为对照，喷灌效果试验以地面灌为对照等。（2）以当前生产水平为对照。如水稻灌溉方式试验，以当地群众习惯采用的方式作为对照。（3）以群众先进生产水平为对照。对照的处理不宜年年变更，以便进行多年的比较。

三、试验小区设计

1. 小区面积。小区面积大小应根据试验种类、要求、使用农具、试验地总面积和土壤差异等情况来决定。小区面积不宜过小，否则外界因素的影响就相对加剧，误差会增大。但试验准确性的提高和小区面积的加大，并不成正比关系。当小区面积增大到一定程度后，试验准确性提高很慢，甚至小区面积过大，还可能因局部地势的不同造成小区间土壤差异，反而降低了试验的准确性。因此在一定条件下，增加小区面积不如增加重复次数的效果好。灌溉试验小区的面积以0.1~0.3亩为宜。

2. 小区的形状。为了减少土壤差异，小区形状原则上以狭长的矩形为宜，但过长会增加边际影响与水分横向渗透。所以一般长宽比以3:1左右为宜。

3. 小区方向。小区的方向注意两个方面：第一，长边应趋向土壤差异大的方向，以避免某些小区陷入一个土壤肥力特别肥沃或特别瘦薄的地段，有利消除土壤差异。第二，应考虑全区各个部位都能受到同等的阳光照射机会，以免由于温度和土壤水分的变化而引起生长发育的差异，故小区长边应顺东西方向。

四、重复次数

重复就是试验处理同时进行的次数。重复设置的目的是为了提高试验准确性，因为即使对试验地经过非常严格的选择，土壤肥力不均匀仍然是不可避免的，增加试验重复次数，能够减少土壤肥力差异所造成的试验误差，提高平均数的可靠性，根据理论分析，误差的大小与重复次数的平方根成反比，故重复多，则误差小。而且通过不同重复间的差异，可以估算出试验的误差，这对正确分析试验结果具有很大作用。但重复次数不宜太多，重复3~4次以上后再增加重复次数，对减少误差作用不显著，太多重复会给试验操作和观察记载等工作带来很多困难，因此在实践中应根据试验地面积、小区大小、试验要求准确度、土壤差异等情况妥善安排重复次数，一般以3~4次为宜。

五、保护区设置

设置保护区（或保护行）的目的，是防止试验受到外界损害，减少试验边际接受阳光和通风条件好的影响，以及消除水分横向渗流等。

水稻试验中，除四周设置保护区外，每两小区间还可以加设保护区，以隔绝小区间水分横渗影响。旱作试验中，由于土壤渗漏性较大的地区采取每一个小区间均设保护区增加试验面积过多，得酌情设置。

保护区大小可根据试验地面积及需要而定。一般以与试验小区同样大小或为其一半大小较好。

六、小区排列

小区排列是田间小区法设计的主要内容。排列合理，可以消除土壤差异，减少试验误差，提高试验精确度。在田间试验中，一般采用下述几种排列式：

1. 顺序排列式：就是各个处理在各重复内的排列，都按照同一顺序排列。对于灌溉试验，可分为两种情况，如图2—3。

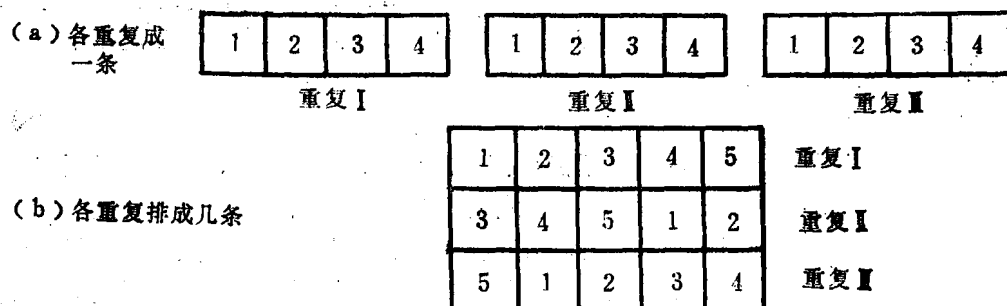


图2—3 顺序排列式

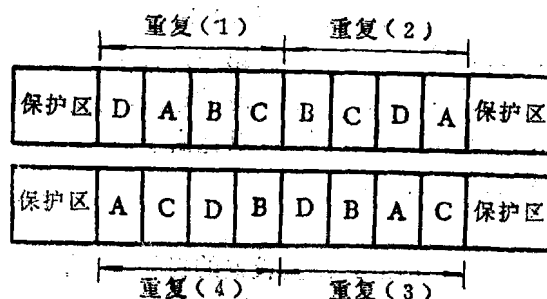


图2—4 随机排列式

2. 随机排列式：就是各种处理在每重复内排列的次序都是随机遇而决定的。每一处理（包括对照）在每个重复内都设置一区，在每重复内随机排列成一组，称为随机区组。例如四个处理两次重复，随机排列如图2—4。由四次重复，形成四个区集，在每一区集内各处理随机排列。几个区集也可并列排列也可横向排列。

顺序排列和随机排列，各有优缺点：

顺序排列的优点是：(1)田间排列简单，不易发生错误，并且整理试验结果也比较简单，(2)为了便于工作，可作有意识的排列。

缺点是：可能会出现系统误差。如果一块试验地的肥力由一端倾向于另一端，其方向假定由肥而瘦，因为各处理的排列有一定次序，排在前面的总是较肥，比较时就不公平。阶梯式的顺序排列也不可能完全避免系统误差。

随机排列的优点是：可以避免系统误差。

缺点是：排列与结果分析比较复杂。

按照上面二种排列方法的优缺点来看，由于灌溉试验一般处理不很多，而试验小区之间又需要一定田间工程设备，故一般以采用随机排列法较好。

3. 拉丁字排列式：又称棋盘式排列，是随机排列的一种特殊形式，试验处理排列为方形，每一处理只在各纵横区组内各有一小区，故处理数和重复数相等。对于灌溉试验，由于处理和重复均较少，故在拉丁方的排列中主要可采用标准方型式，即横竖各第一行均为顺序排列的。例如三处理、三重复时其式样如图 2—5。

拉丁方排列式的优点是能消除两个方向的土壤差异，精度较高，在处理少的情况下可以采用。缺点是若处理重复较多，要求集中一片的试区面积较大。

4. 裂区排列式：在两个试验因子各自的对比水平数不等的情况下，可采用裂区排列法。它将处理分为主因（对比水平多的）和副因（对比水平少的），一个区集按照主因分为若干主区（如下式样中主区为灌溉制度的 1 2 3 区），再按副因将每个主区分为若干副区（如施肥中的（1）多肥区、（2）少肥区）。然后进行排列。上述两因素，主因为三水平，副因为两水平，各重复 2 次，其排列如图 2—6。

1	2	3
2	3	1
3	1	2

图 2—5 拉丁方排列式

(1) 多肥区			(2) 少肥区			
1	2	3	1	2	3	重复 I
1	2	3	1	2	3	重复 II

图 2—6 裂区排列式

裂区排列中主区处理为 2~3 个时，一般重复不应少于 5 次，以免主区机误的自由度小，而使主区处理间的差异不显著。如主区处理数在 4 个以上时，则重复 4 次即可。

七、正交试验设计

1. 概念：正交试验设计目的是在多因素作用下，利用正交表一次安排试验，用较少量的试验次数，找出所需要的最好试验结果。

在灌溉试验中，常遇多因素试验，在多因素试验中，将全部可能的方案组合在一起参加试验，称全面实施，其处理数是全部组合数。例如 2 个因素各具 3 个水平的试验，有 $3^2 = 9$ 个组合，便有 9 个处理。随着因素和水平的增加，全面实施处理太多，区组太大，试验规模繁杂。因此在多因素试验中，全面实施不是好的试验方法。从全部可能的方案中抽取一部分有代表性的方案进行组合试验，称为部分实施。将会大大简化全面实施的合理方法，利用事先编制好的规格化的正交表，安排试验处理，达到用最少的处理而找出予期的最优或较优方案的目的。由于正交试验方法简单明了，易于掌握，已愈来愈广泛的应用于灌溉试验之中。

2. 灌溉试验常用正交表的种类：灌溉试验由于受到试验小区面积的限制，不可能同时

安排过多的处理。因此，在多因素试验中，一般只有 2~4 种，对同一因素需要安排的水平只是 2~3 级。这在正交法中，只须选用一小部分简易的表格。

(1) 等水平正交表：这类正交表的一般写法是 $L_k(m^j)$ ，其中 L 表示正交， K 表示用该正交表设计的试验处理数， m 表示试验因素的水平数， j 表示该表最多可能安排的试验因素数目。每一正交表皆由 K 行 j 列构成。如 $L_4(2^3)$ 表示该正交表的设计共 4 个处理，可用于安排每因素皆具有 2 个水平的试验因素，最多可能安排 3 个试验因素，在附表中， $L_4(2^3)$ 、 $L_8(2^7)$ 、 $L_9(3^4)$ 、 $L_{16}(4^5)$ 等皆属于常用的相同水平的正交法。

表2—1

$L_4(2^3)$ 表

处理号 \ 水平号 \ 因素号	1	2	3
1	1	1	1
2	2	1	2
3	1	2	2
4	2	2	1

表2—2

$L_8(2^7)$ 表

处理号 \ 水平号 \ 因素号	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2