



全国高等农业院校教材



# 农业化学研究法

---

## 实 习 指 导

● 李昌纬 主编

● 土壤农业化学专业用

农业出版社

S131

全国高等农业院校教材

# 农业化学研究法实习指导

李昌纬 主编

土壤农业化学专业用

农 业 出 版 社

全国高等农业院校教材  
农业化学研究法实习指导

李昌纬 主编

责任编辑 贺志清

出版 农业出版社

(北京市朝阳区农展馆北路2号)

发行 新华书店北京发行所

印刷 农业出版社印刷厂

\* \* \*

开本 787mm×1092mm32开本

印张 2.75 字数 53千字

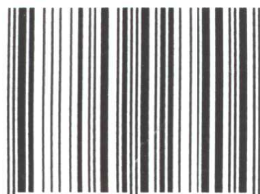
版、印次 1993年10月第1版

1998年10月北京第2次印刷

印数 1,001~3,000册 定价 3.60元

书号 ISBN 7-109-02740-6/S·1749

ISBN 7-109-02740-6



9 787109 027404 >

## 前 言

本书为《农业化学研究法》(第二版)的配套教材,全书分实习、习题两部分。实习部分以田间试验、土培试验为重点。从实习一至实习五每个学生均应参加系统工作,并将试验结果与习题中的统计分析结合,最后写出报告。鉴于时间有限,水培和砂培试验可只做示教或组织参观。习题内容与《农业化学研究法》(第二版)中的第一章至第十章相对应,包括基础知识的复习题和统计方法的练习作业。各院校可选择指定。

限于作者的能力,全国各校的条件也有差异,难免有不足之处,敬请指正。

编 者

1991年夏

MAA06/05

主 编 李昌纬 (西北农业大学)  
编 者 肖俊璋 (西北农业大学)  
毛达如 (北京农业大学)  
主审人 杨志福 (北京农业大学)

# 目 录

## 前言

|      |                    |    |
|------|--------------------|----|
| 第一部分 | 实习 .....           | 1  |
| 实习一  | 试验方案设计 .....       | 1  |
| 实习二  | 田间试验的选地及田间设计 ..... | 6  |
| 实习三  | 田间试验的设置 .....      | 10 |
| 实习四  | 田间试验的观察与记载 .....   | 17 |
| 实习五  | 田间试验的收获 .....      | 20 |
| 实习六  | 盆栽土培试验 .....       | 24 |
| 实习七  | 盆栽水培试验 .....       | 32 |
| 实习八  | 盆栽砂培试验 .....       | 37 |
| 第二部分 | 习题 .....           | 40 |
| 习题一  | .....              | 40 |
| 习题二  | .....              | 44 |
| 习题三  | .....              | 45 |
| 习题四  | .....              | 47 |
| 习题五  | .....              | 48 |
| 习题六  | .....              | 51 |
| 习题七  | .....              | 56 |
| 习题八  | .....              | 62 |
| 习题九  | .....              | 64 |
| 习题十  | .....              | 66 |
| 附录   | .....              | 68 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| 附录一 主要作物记载标准 ..... | 68 |
|--------------------|----|

|                   |    |
|-------------------|----|
| 附录二 田间试验记载表 ..... | 77 |
|-------------------|----|

# 第一部分 实 习

## 实习一 试验方案设计

### 一、目 的

试验因素不同质的或量的存在状态，称试验因素的不同水平。试验因素的不同水平或试验因素间不同水平的组合，称为试验不同处理。一个试验所有处理的总和叫做试验方案。试验方案在试验研究中占有极其重要的位置，它是达到试验目的途径，是完成试验任务的前提和基础。本实习的目的是通过具体试验方案的设计，加深对试验方案设计原则的理解和运用，掌握试验方案设计方法。

### 二、试验方案设计的基本原则

生产实践和科学发展上要研究的问题很多，有繁有简，难易不同，在设计试验方案时都应遵守以下基本原则。

**（一）明确的目的性** 任何一个问题的研究，都要涉及很多方面，在制定方案时，必须深入分析，仔细研究，抓住关键，突出重点，使研究目的明确而具体，使试验方案要解决的问题比较集中，既便于执行，也有利于试验任务的完成。

**（二）严密的可比性** 试验没有可比性，就失去了试验的意义。要保证试验的可比性，设计试验方案必须遵守单一



差异原则，即方案中除试验因素外，其他因素应相对一致。例如氮肥品种试验，除氮肥品种不同外，其他如施肥量、施肥期、施肥法以及磷钾肥和有机肥的施用等，各处理均应一致，以免这些因素与氮肥品种的作用相混杂。

在试验方案中常需设置标准处理（或称对照），作为研究比较的标准，也是可比性的一个重要方面。例如研究某种肥料的效果，可以用不施这种肥料的处理为对照。有的试验可设几个不同的对照，便于多种比较，获得更多的信息和可靠的结果。

严密的可比性，不仅要求试验处理间可以相互比较，而且还要求能够准确说明所研究的问题。例如根外喷肥试验，仅设置喷肥与不喷肥两个处理，虽然可比，但不够严密。因为喷肥处理，不仅喷了肥，而且还有水，试验结果喷肥处理虽然增了产，但无法判断是肥料的作用还是水的效果。因此，在这个试验中，除了上述两个处理外，还应设置喷洒等量清水的处理，这样才能比较出喷肥的真正效果。总之，在设计试验方案时，要根据实践经验和专业知识，认真分析，仔细推敲，使所设计的试验方案符合严密的可比性的要求。

（三）尽量排除非试验因素的限制 与研究任务有关的因素很多，它们之间相互联系，相互影响，相互制约。一个试验不可能对全部有关的因素进行研究，只能选择其中的一部分作为试验因素。但非试验因素对试验因素总是有影响的，有时甚至有很显著的影响。例如磷肥的肥效常受土壤氮素供应的影响，当土壤氮素供应不足时，磷肥肥效就不能充分发挥，甚至完全无效。因此，在设计试验方案时，应尽量排除非试验因素的限制作用。在肥料试验中，一般常采用设置肥底的办法。例如研究过磷酸钙肥效的试验方案就可设

置：①不施肥 ( $CK_1$ )；②NK (肥底) ( $CK_2$ )；③肥底 + 过磷酸钙三个处理。设置肥底实质上就是使非试验因素处于相对一致、比较良好的状态，以有利于试验因素效应的充分发挥。肥底的选择很重要，它直接影响试验的结果，一般可根据非试验因素的限制作用来确定，同时还要在试验方案中设置空白对照（如上述 $CK_1$ ）来检验肥底是否合适，以判断试验结果的真实情况。

### 三、不同类型试验方案的设计

（一）单因素试验 单因素试验只研究一个因素的效应。设计方案时，根据研究的目的要求及试验条件，把要研究的因素分成若干水平，每个水平就是一个处理，再加上对照（有时就是该因素的零水平），就形成了一个试验方案。由于试验因素的水平有质的和量的不同，实习时应完成以下两种试验方案的设计。

#### 1. 氮肥用量试验。

（1）试验目的与要求：探求当地某一主要作物（南方为水稻，北方为小麦或玉米）亩施多少氮肥收效最大；不同用量下每公斤氮肥的增产效果。

（2）试验条件：试验地为当地有代表性的土壤。气候、栽培条件以当地为准。氮肥用量以纯N计，并折合成当地广泛施用的氮肥。

#### 2. 氮肥品种比较试验。

（1）试验目的与要求：探索适于当地主要土壤的氮肥品种及不同品种氮肥的增产效果。

（2）试验条件：氮肥品种有硫酸铵、硝酸铵、氯化铵、碳酸氢铵、尿素、氨水等。供试作物南方为水稻，北方

为小麦或玉米。土壤、气候、栽培等条件均以当地有代表性的为准。

应该指出的是,设计试验方案时,试验因素数量水平的级差应当足够大,以免相邻处理间的差异被误差遮掩。通常两个相邻施肥量的差异,磷钾肥应不少于有效成分 2 公斤/亩<sup>①</sup>,氮肥应不少于纯 N1.5 公斤/亩。

(二)复因素试验 复因素试验研究的因素较多,试验方案一般可分为完全方案、均衡不完全方案及不均衡不完全方案三种类型。

1. 完全方案。完全方案是复因素试验最简单的一种设计。设计原理是,根据试验目的及要求,结合实际情况,将每个试验因素分为若干水平,把所有试验因素不同水平可能的组合结合起来就形成一个完全方案。完全方案的特点是完全、均衡,反映情况比较全面,揭示事物的内在规律比较清楚。其缺点是处理数较多,尤其是当试验因素和水平数较多时,试验方案过于庞大,甚至难以进行。

2. 均衡不完全方案。均衡不完全方案一般采用正交法进行设计,即所谓正交设计。正交设计的方法与步骤如下:

(1) 拟定试验因素水平表:根据试验目的与要求,确定每个试验因素的水平数及每水平的具体内容(可以是数量的,也可以是质量的),并列成表。例如对冬小麦施用尿素、碳酸氢铵氮肥,分冬季一次施和春季一次施,亩施纯氮 4 公斤和 8 公斤,探求它们的增产效果。本试验为三因素二水平的试验,根据试验因素水平情况可列出因素水平表(表 1-1)。

(2) 选择适合的正交表:正交表是按水平数分类的。选择正交表首先考虑表的水平类型,然后根据试验的目的与

<sup>①</sup> 1 亩=1/15 公顷,下同。

表1-1 试验因素水平表

| 因<br>素<br>水<br>平 | 氮肥品种<br><i>A</i> | 施肥期<br><i>B</i> | 施肥量 (公斤/亩)<br><i>C</i> |
|------------------|------------------|-----------------|------------------------|
| 1                | 尿 素              | 冬季一次施           | 4                      |
| 2                | 碳酸氢铵             | 春季一次施           | 8                      |

要求，选择处理数尽可能少的正交表。如上例为三因素二水平的试验，如果不考虑交互作用时，就可选用 $L_4(2^3)$ 正交表。倘若除考虑三个因素的效果外，还要考虑1—3个交互作用，则可选用 $L_8(2^7)$ 正交表。如果试验因素都是3个水平，就要从3水平的正交表来选。如果试验因素间的水平不等，就须选混合型正交表或采用拟水平法选用单纯型正交表。

(3) 搞好表头设计：把各个因素安排在选用的正交表的适当的列上，就叫表头设计。所谓适当的列，就是在该列安排一个因素，不会与要研究的交互作用或效应较强的交互作用相混杂。一般的方法是，先把要研究交互作用的两个因素安排在任意两列上，在交互作用列表上查出该两列的交互作用列，把它空下来，再在其它列上安排另外的因素，再查已安排因素各列两两的交互作用列，在保证要研究的交互作用不混杂的情况下，安排其它因素，一直到所有试验因素安排完为止。

(4) 填写试验方案：表头设计好后，把正交表中因素所占各列取出，将其水平数字换成各因素的具体内容，即得试验方案。

3. 不均衡不完全方案。在完全方案的基础上，根据经验

和专业知识，剔除一些次要的和无意义的处理组合即得不均衡不完全方案。

#### 4. 实习内容。

(1) 题目：密度及氮、磷、钾肥肥效试验。

(2) 试验目的及要求：探讨当地主要作物不同密度下氮、磷、钾肥配合施用的效果，寻求它们之间的最佳配比。

(3) 试验条件：供试作物南方为水稻，北方为小麦或玉米。其它条件如气候、土壤、栽培措施等均以当地有代表性的为准。

(4) 实习要求：设计出该试验的完全方案及均衡不完全方案。在均衡不完全方案中，除试验因素的主效应外，应能考查氮肥与密度、氮肥与磷肥的交互作用。比较完全方案与均衡不完全方案的优缺点。

## 实习二 田间试验的选地及田间设计

### 一、目 的

根据实习一所选课题设计的试验方案，选择出符合要求的试验地，并完成其田间设计。通过实习，加深对选地基本原则的理解和运用，初步掌握田间设计的原理和方法。

### 二、材料及设备

皮尺、铅笔、硬纸夹本。

### 三、方法与步骤

(一) 选地 代表性和均一性是田间试验选地的基本原则。代表性就是要求所选试验地不仅符合试验的目的和要

求，而且在土壤、气候、耕作等方面在当地均有代表性，以利试验结果的推广应用。均一性就是要求试验地的肥力及其它条件必须均匀一致，以减小试验误差。

1. 现状调查。根据以下条件到田间实地调查，并进行初选。

(1) 试验地应选地势平坦，地形整齐的田地。必须用坡地时，要求坡向一致，坡度平缓，一般坡度不要超过五度。

(2) 试验地的土壤应具有代表性。所谓代表性，一般应根据试验目的来确定，例如要确定某种磷肥的效果，应选缺磷的田块；如果研究磷肥在不同土壤上的效果，应选能代表不同类型的土壤，或者能代表不同肥力的田块。另外，试验地的土壤肥力应该均匀一致，这一点可以从当季作物生长是否整齐来衡量，时间要早，到成熟期则不易看出差异。

(3) 要有足够的面积。根据试验的处理数、重复数及小区面积可计算出供试的净面积。一般应较供试净面积至少大30%的地块方可选用。

(4) 水田或灌溉区的试验地应该排灌方便，切忌污水灌溉。

(5) 试验地的位置要适当。应选择管理比较方便的地段，同时还要注意周围有无障碍物，如果有障碍物，在以下距离内不适于作试验地。

独立树 25—30米 山谷200—300米

篱笆矮墙 10米 建筑物40—50米

公路渠道 5—10米 森林或果园40—50米

2. 历史调查。经过现状调查后，初选入选的地段，要详细调查其耕种历史。

(1) 近三年内的耕作、施肥(种类、数量和方法)、轮作、作物品种及产量等情况。新平整的土地,大量施用过后效较长并对试验有影响的肥料的地段都不宜作试验地。

(2) 曾做过菜地、道路穿越过、有过建筑物、肥料堆积处、坟墓、做过砖厂等地段都不能作试验地。

3. 土壤测定。经过以上选择符合要求的地块,一般需取土样分析,进一步了解土壤性质、肥力水平,以便决定施肥措施,同时也是试验的基础资料。土壤分析项目依试验目的而定,通常包括:有机质, pH, 全氮, 全磷, 全钾, 速效氮, 速效磷, 速效钾, 质地和代换量等。对于某些试验如精确性要求高的或长期性的试验,尚需查明全田是否属于同一土壤变种。

4. 对于所选择的试验地要精确丈量面积,绘制平面图。

(二) 试验地的田间设计 试验地的田间设计包括小区的大小、形状、方向、重复次数、排列方式及保护行(区)等。田间设计的指导思想是误差理论,田间设计的任务在于尽可能地减少由土壤差异所引起的误差。

(1) 小区面积:小区面积的大小主要应根据土地条件、作物种类、试验要求和工作方便而定。根据我国各地的材料来看,小区面积一般在 $1/20$ — $1/10$ 亩的范围内是比较合适的。具体确定可参考以下材料:

|        |            |
|--------|------------|
| 三要素试验  | 0.05—0.15亩 |
| 液肥用法   | 0.2—2.0亩   |
| 化肥品种   | 0.05—0.10亩 |
| 磷肥效果   | 0.05—0.20亩 |
| 石灰氮施用法 | 0.05—0.20亩 |
| 水稻、小麦  | 0.05—0.10亩 |

石灰用量 0.05—0.10亩

棉花、玉米 0.1—0.2亩

(2) 小区形状与方向：我国肥料田间试验所常用的小区形状为长方形，其长宽比一般为2—5:1。小区的长宽应为作物株行距的倍数。小区的长边应平行于土壤肥力变化的方向。如果土壤肥力均匀，小区方向最好为南北向，以便植株能够均匀地受到阳光。

(3) 重复次数：试验设置重复的目的，一是减小误差，二是估计误差。重复次数的多少，应根据试验精确度的要求、土壤均一性及小区面积等来确定。一般肥料试验重复3—4次。

(4) 排列方式：根据地形变化、土壤差异、小区面积、重复次数以及试验要求等来决定排列方式。不论采用哪种排列模式，一般应为随机排列。

(5) 走道与沟渠：既要方便工作又要经济利用土地。一般重复间走道宽0.7—1.0米，小区间走道宽0.4—0.5米。沟渠则结合地形及水源条件设置，平坦田地也可与走道相结合。水田小区之间必须有土埂（软埂或硬埂）隔开。软埂基宽27—33厘米，高13—17厘米；硬埂基宽33—50厘米，高27—33厘米，顶部宽27—33厘米。

(6) 保护行：一般1—2米宽，在适当地方设出入门道。

(三) 编写种植计划书 根据实习一所选课题设计的试验方案、本实习所选的试验地及其田间设计编写种植计划书，内容如下：

1. 课题名称。

2. 研究目的。



3. 试验方案。
4. 试验地情况。地点、地形、土壤、轮作、耕作、施肥及农化性状等。
5. 田间设计。绘制田间平面布置详图并详加说明。
6. 供试作物。种类和品种。
7. 播种。播期、播量、播种方法、播种深度、株行距。
8. 田间管理。从种子处理到收获前的全过程。
9. 观察记载。项目、时期、方法标准、设计好表格及编写工作日志。
10. 收获。收获考种及分析计划。
11. 采样及室内测定。项目、时期、采样数量及方法。

### 实习三 田间试验的设置

#### 一、目 的

田间试验的设置，就是按照种植计划书的要求，把试验落实到田间，它包括划区、施肥和播种（移栽）等环节。田间试验的设置工作比较具体而琐碎，容易造成误差甚至错误，因此，必须认真负责，严格要求，细心操作，准确无误。通过实习，不仅要熟悉和掌握田间试验设置的各个环节，而且也是一次基本训练，培养严肃认真的科学精神。

#### 二、材料及设备

标杆、皮尺、测绳、粗麻绳、锤或斧、镢或小锄、大木桩（长75厘米，直径10厘米）、小木桩（长25厘米，宽5厘米，厚1.5厘米）、木牌（长30厘米，宽5厘米，厚1.5厘米，试验前用油漆写上小区号及处理名称）、盘称、装肥料的袋