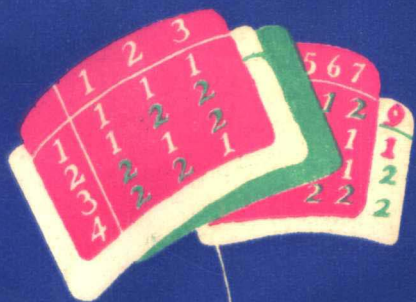




农业正交试验讲话

广西人民出版社

农业正交试验讲话

叶大华 梁世荣 谢道同

广西人民出版社

农业正交试验讲话

叶大华 梁世荣 谢道同

☆

广西人民出版社出版

(南宁市河堤路14号)

广西新华书店发行 广西新华印刷厂印刷

*

787×1092 1/32 5.75印张 128千字

1980年6月第1版 1980年6月第1次印刷

印数1—1,600册

书号 16113·78 定价 0.41 元

前 言

为适应发展农业的需要，我们根据自己从事农业生产和科学研究的实践，并参考有关资料，编写了这本小册子，向四级农科网的同志们介绍这种科学实验方法——正交试验法在农业上应用的技术和方法。

科学实验，是认识客观世界的一种手段。深入开展农业科学实验活动，是高速度发展农业，实现农业现代化的重要一环。

正交试验法不仅适应农业科学实验的特点，而且设计和计算分析方法较为简易，一般具有初中文化水平就可以掌握和运用。应用正交法从事农业科学实验，与过去常用的田间试验方法相比较，所需化费的人力和土地较少，而所取得的试验效果则大体相同。只要通过简单的计算和分析，就可以从多因素的复杂情况中，找出影响农作物产量等试验指标的主要矛盾，寻求农作物高产稳产的规律，为多快好省地发展农业生产提供科学的依据。

这本小册子主要是介绍在农业科学实验中，怎样具体地应用正交试验法。至于一些“为什么”的问题，譬如说正交表为什么要那样排列，在正交试验的方差分析中，自由度的计算为什么要用 $n-1$ ，等等，就涉及到了一些统计理论和数学推导的问题，在这本小册子里，一概从略了。读者拟进一步研究，可参阅有关的专门著作。

这本小册子的第一、二、五讲和第六讲的一部分是叶大
华同志编写的，第三讲是谢道同同志编写的，第四讲和第六
讲的一部分是梁世荣同志编写的。

编 者

一九七九年八月于柳州地区农科所

目 录

第一讲 什么叫做正交试验法

- 一、从过去的试验方法说起..... 1
- 二、正交试验法的特点..... 4

第二讲 正交试验的基本方法

- 一、指标、因素和水平.....11
- 二、正交表.....13
- 三、试验方案的设计.....18
- 四、试验方案的田间实施.....31
- 五、正交试验的直观分析.....33

第三讲 多指标和水平数不等的正交试验

- 一、多指标的正交试验和分析.....41
- 二、水平数不等的正交试验和分析.....58

第四讲 有交互作用的正交试验

- 一、因素间的交互作用.....72
- 二、交互作用列表.....76

三、有交互作用的试验方案的设计.....	82
四、有交互作用的试验结果的分析.....	86

第五讲 正交试验的方差分析

一、有关方差分析的几个概念.....	94
二、无重复试验的方差分析.....	100
三、有重复试验的方差分析.....	125

第六讲 减少试验误差的几个问题

一、试验田的选择.....	139
二、试验小区的规划和布置.....	142
三、试验误差的分析.....	153
四、缺落数据的估计.....	159

附录

一、常用正交表.....	163
二、F检验的临界值表.....	176

第一讲 什么叫做正交试验法

一、从过去的试验方法说起

我们在引进某一些农作物的新品种，或者推广某一项新的农业增产技术的时候，总要首先在小面积上做一些试验，从而使我们对这些新品种、新的技术措施有直接的认识和经验。通过试验过程中的观察、比较和分析，就可以看出这些新品种、新技术措施是不是适应本地区的具体条件，有多大的增产效益，以及推广应用中应该注意些什么问题，等等。根据试验的结果，然后决定应不应当推广，应当如何推广。田间试验有多种多样，从试验的内容来说，有品种对比试验、品种区域试验、丰产栽培试验等；从试验设计的方法上来说，有对比法试验、多次重复法试验、随机区组法试验等。但就试验的性质来说，无非是单因素试验和多因素试验两大类。

所谓单因素试验，就是研究某一个因素在农业增产上的效果。试验的目的，仅仅限于解决某一个单项因素的问题。例如品种对比试验，是在栽培条件相同的情况下，比较参加试验的若干个同一熟期的品种当中，哪一个品种的产量较高，仅仅是解决品种与产量之间的关系这样一个单一的问题，这就属于单因素试验。又如某一个水稻品种，在其他栽培管理措施相同条件下，仅仅要求考察追肥时间的早迟，对

其产量有什么影响这样一个问题，也是属于单因素试验。在设计这个试验时，其他管理条件力求一致，仅在追肥时间上分别几个不同处理，有的前期重追，有的中期重追，有的两头重等，最后经过比较分析，就可以看出不同追肥时间，对于产量的高低有些什么影响。单因素试验的试验设计和田间操作都比较简单，试验结果的分析直接以对照作为基础来进行，也比较容易掌握，目前应用比较普遍。各地进行的品种对比试验和品种区域试验都属于这一类。但是，农业生产是一个复杂的过程，往往受多种因素的综合影响，因此单因素试验也就往往带有较大的局限性。这是因为：第一，单因素试验，是在特定的条件下（如一定的播种量、种植密度以及肥、水管理措施等）进行的，这些条件稍有改变，试验结果也会随之发生某些变化；第二，单因素试验，只能分析出一个试验因素和试验指标之间的某些关系，而因素与因素之间，各个试验因素与试验指标之间又是什么关系，这些问题，单因素试验是解决不了的。例如，我们搞一个水稻品种对比试验，其结果仅仅只能说明在这样一种栽培管理条件下，某一个品种的产量比其他品种要高一些，如果栽培条件有所改变，是不是这一品种的产量仍然会比其他品种高呢？那不一定。不同品种具有不完全相同的特性。有的品种分蘖力较强，种植密了，对其产量的提高不一定有利，有的品种比较耐肥，只有在较高的施肥水平条件下，才能发挥它的增产潜力，在一般施肥水平时，它的产量可能比其他品种还低。所以，单靠一个单因素试验，很难从各个方面来对一个品种作出全面的、确切的评价。

多因素试验，也叫复因素试验，这是针对单因素试验的局限性而提出的另一种试验设计。它要求通过一个试验，同

时解决影响试验指标的多个因素的一种试验方法。例如，我们能够通过这次多因素试验，同时解决不同品种、不同种植密度、不同施肥方法等的增产效果。在试验设计上，多因素试验是全面实施，即是将全部可能的水平组合同时都参加试验。这种全面实施的试验方法，对事物的内在联系剖析得比较清楚，但工作量较大，而且试验条件也较难控制。如要考察三种品种、三种种植密度、三种施肥量、三种施肥方法的增产效果，即使不设重复，一次试验也需要有 $3 \times 3 \times 3 \times 3$ 即 $3^4 = 81$ 个水平组合，即同时要设置 81 个试验小区。小区多了，需用的试验田面积增大，土壤差异的影响也随之增大，这就会给试验结果带来较大的误差。如果要求减少工作量，就必须简化试验内容，减少对比项目。今年比较品种，明年比较种植密度，后年比较施肥量，大后年再比较施肥方法，一个试验，四年才能完成，不仅拖延了时间，而且每年的气候等条件不同，试验误差增大，因此也就降低了搞科学实验的意义。

那末，有没有一种更好的试验设计，既可减少工作量，节省试验田的人力和物力，又能达到多因素试验的目的，赢得时间，及时用试验结果来指导大田生产呢？有。这就是这本小册子向大家介绍的正交试验法。

正交试验法是对多因素试验进行合理的部分实施的试验设计。所谓部分实施，就是从全部水平组合中抽取一部分有代表性的水平组合进行试验；所谓合理，即不是从全部水平组合中任意抽取一部分水平组合，而是严格按照正交的要求来选取的。这样，正交试验法大大简化了多因素试验。通过这种部分实施，只要对试验指标进行简单的计算和分析，就可以在多个因素和水平的复杂情况下，了解各试验因素、水

平对试验指标的作用，以及它们之间的相互关系，从而找出影响农作物产量高低的主要矛盾，制订切合实际的增产措施。因此，推广应用正交试验法，对于促进群众性的农业科学实验，有着积极的作用。

早在1958年，正交试验法就开始应用于农业生产。以后，一些科研单位相继在农作物品种比较、栽培技术、合理施肥、植物保护以及微生物等试验研究上加以应用。实践证明，正交试验应用于农业科学实验，是行之有效的。它简单易学，容易掌握，避免了过去那种试验设计的大量的比较繁琐的计算，而且，它适应农业科学实验的特点，便于综合研究农业技术措施。应用正交试验设计，还可以减少田间试验的小区数，节省人力、物力，并能缩短试验时间，较快地得到试验成果。所以，这种试验方法，深受农业科技人员特别是基层农业科技人员的欢迎。全国科学大会召开以后，各级党委进一步加强了对农业科研的领导，农业科学实验不断发展，正交试验法也必将在农业科学实验中得到广泛的推广和应用。

二、正交试验法的特点

首先要了解的是：什么叫做正交试验法，“正交”两个字是什么意思。下面先举个简单的例子来说明。

现在有两个水稻品种，要通过试验，了解哪一个品种更适合本地的栽培条件，产量更高。这里有两种不同的试验方法。

第一种方法：选两块田，把甲品种种在一块田里，乙品种种在另一块田里，面积均为一亩。所得产量：甲品种为790

斤，乙品种为820斤。如图一：

甲品种 790斤/亩	乙品种 820斤/亩
田块A	田块B

图一

第二种方法：同样是选用上面的两块田，但把每块田都分成两半，分别种上甲品种和乙品种，其产量如图二：

甲品种 402斤	乙品种 415斤	甲品种 404斤	乙品种 411斤
田块A		田块B	

图二

以上两种试验方法，两个品种种的面积都是1亩，哪个方法好呢？

第一种方法的试验结果，水稻甲品种亩产790斤，水稻乙品种亩产820斤。根据这个试验，是不是就可以得出乙品种的产量比甲品种高，更适合本地区种植的结论呢？不能。从试验结果的表面来看，乙品种的产量是比甲品种高30斤/亩。但是，这高出的30斤到底是什么原因造成的呢？这里可能有三种情况：一种是乙品种确实比甲品种具有更高的生产力，是由品种不同而形成了产量上的差异；另一种是由于田块A和田块B的土壤肥力、排灌条件等客观因素而造成的产量差异，田块B的肥力比较高，乙品种种在这块田里表现了较高

的产量；第三种情况是以上两个原因兼而有之，相互作用而造成的产量差异。究竟属于哪一种情况，从这个试验是分析不出来的。因此，仅仅根据这样一个试验，就下结论说乙品种比甲品种好，那是不一定符合实际的，是不合科学要求的。

第二种方法的试验结果，水稻甲品种产量之和为 $402 + 404 = 806$ 斤，水稻乙品种产量之和为 $415 + 411 = 826$ 斤。乙品种比甲品种每亩增产20斤。这个试验结果，比较实际地反映出了品种不同对于产量的影响，说明乙品种确实要比甲品种高产一些。因为在面积相同的A、B两块田里，甲、乙两个品种都各种一半，A、B两块田土壤肥力等客观因素对甲、乙两个品种的影响，大体上是一致的，在两个品种各自的产量中都得到了反映。因此，这一种试验方法，消除了田块的差异对产量所造成的影响，比较真实地反映出不同品种本身所具有的生产力的差异。

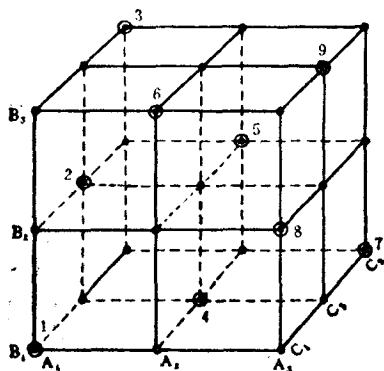
从上可以看出，两种试验方法中，第二种方法比第一种方法好。第二种方法的优点在于两个不同的水稻品种，分别种在两块不同的田块里。也就是说，把两个不同的水稻品种和两块不同的田块“均衡”地“搭配”了起来，因而它能够比较真实地反映出品种本身的生产力。

大量事实证明，具有“均衡搭配”性质的试验，比之没有“均衡搭配”性质的试验，其结果更能反映出事物的实际。这种“均衡搭配”，在数学上叫做“正交”。用均衡搭配的方法来设计试验，就叫做正交试验法。说得具体一点，正交试验法就是利用一套规格化的表格即正交表，来安排具有均衡搭配性质的多因素综合试验和计算试验结果的方法。

下面，我们再用一个具体例子，来把正交试验法的概念

说得清楚一些。

如我们要安排一个这样的试验，用三个不同品种、三种不同种植密度、三种不同施肥量的多因素综合性试验，从中找出一个最优配合方案，即用哪一个品种，种什么规格，什么样的施肥水平最好，产量最高，以便在生产上推广使用。按照通常的试验进行全面实施，就应有27个（ $3 \times 3 \times 3 = 27$ ）不同的配合方式。如以 A_1 、 A_2 、 A_3 分别代表三个不同水稻品种；以 B_1 、 B_2 、 B_3 分别代表三种不同种植密度；以 C_1 、 C_2 、 C_3 分别代表三种不同的施肥水平，把这三者联系起来，可以构成如图三这样的一个立方体：



图三

这一个立方体上，一共有27个交叉点，这27个交叉点，分别表示了27个不同的水平配合，如下表：

表 1

27种不同水平的配合表

$A_1B_1C_1$	$A_2B_1C_1$	$A_3B_1C_1$
$A_1B_1C_2$	$A_2B_1C_2$	$A_3B_1C_2$
$A_1B_1C_3$	$A_2B_1C_3$	$A_3B_1C_3$
$A_1B_2C_1$	$A_2B_2C_1$	$A_3B_2C_1$
$A_1B_2C_2$	$A_2B_2C_2$	$A_3B_2C_2$
$A_1B_2C_3$	$A_2B_2C_3$	$A_3B_2C_3$
$A_1B_3C_1$	$A_2B_3C_1$	$A_3B_3C_1$
$A_1B_3C_2$	$A_2B_3C_2$	$A_3B_3C_2$
$A_1B_3C_3$	$A_2B_3C_3$	$A_3B_3C_3$

如果我们按照上图中的27个交叉点所表示的27个水平组合，每个组合都进行一次试验，这就是多因素试验的全面实施，自然地反映了我们所规定的优选区内的全面情况，但试验次数多，工作量大。而采用正交试验法，只需要在这27个点中，按均衡搭配的原则，从中合理地选取一部分点，进行试验，即进行部分实施，同样可以取得全面实施的结果。立方体图中标有⊙的9个点，即是按正交试验法挑选出来的试验点，见下表：

表 2

按正交试验法挑选出的试验点

① $A_1B_1C_1$	④ $A_2B_1C_2$	⑦ $A_3B_1C_3$
② $A_1B_2C_2$	⑤ $A_2B_2C_3$	⑧ $A_3B_2C_1$
③ $A_1B_3C_3$	⑥ $A_2B_3C_1$	⑨ $A_3B_3C_2$

从上表中可以看出，所选取的9个点，保证了每一个品种与种植密度或施肥量的不同水平，在试验中各搭配一次。也就是说，品种与密度，或品种与施肥量在9个配合中，各自都是一个全面实施。同样，密度与施肥量在这9个配合中，也是一个全面实施。但是，对于品种、密度、施肥量三个因素来说，却是在27个配合中，仅仅选用了9个配合。在具体的田间试验中，只需用9个试验小区。试验田面积，化费的人力、物力，仅仅是全面实施的三分之一。而且，试验小区少了，试验田土壤肥力等的差异也比较容易控制，有利于最大限度地减少试验的误差，提高试验结果的准确性。这样在27个配合中，仅仅选取9个配合进行部分实施，是不是会影响到试验结果的准确呢？不会。由于正交试验法要求任何两个因素是全面试验，因此各个配合在优选区内的分布必然是均衡的。从图中的9个试验配合点可以看出，在立方体的每个面上（对应于 A_1 、 A_2 、 A_3 的是左、中、右三个面；对应于 B_1 、 B_2 、 B_3 的是上、中、下三个面；对应于 C_1 、 C_2 、 C_3 的是前、中、后三个面），都各有3个试验点，而且立方体的每条直线上也各有一个试验点，9个点均衡地分布在立方体内，每一个点都具有很强的代表性，能够比较全面地反映出优选区内的情况。试验结果所得出的最好配合方式，有时虽可能会和全面试验的结果有某些差异，但这种差异是不大的，即使不是最好的配合方式，也是相当好的配合方式。尤其是当几个试验因素中，只有一两个因素起主要作用时，用正交试验法，能够保证主要因素的各种可能配合都不被遗漏。这充分说明，利用正交试验法，在全面试验中抽取一部分有代表性的水平组合进行试验，对多因素试验作合理的部分实施，既大大减少了工作量，又保证了试验结果的准确

性，这是正交试验法的一大特点，也是正交试验法比通常试验法优越的地方。

在上面的例子中谈到，三因素三水平的试验，应用正交试验法，仅仅从全面试验的27个组合当中选取9个组合安排试验，比全面试验的工作量减少了三分之二。当然，这9个参加试验的组合，并不是任意选取的，而是必须按照合适的正交表的要求来安排。正交试验法之所以能够用少得多的试验小区，取得与全面试验大体接近的试验结果，关键在于正交表。用正交表安排试验方案，保证了因素之间、水平之间的均衡搭配，满足了正交的要求，这就保证了每个因素的各个水平，在试验中出现的次数相等；同时也保证了每两个因素的各种不同的搭配，在试验中出现的次数相等。