

遵照德国联邦议院的决议，由



联邦
食品及
农业部

资助



中德农业示范园

DCALDP
Deutsch-Chinesischer Agrarbau- und Landtechnik-Demonstrationspark

中德农业示范园手册

③ 农业试验管理





中德农业示范园手册——成功的农业试验管理

2021年5月第1版

不保证所有信息的完整性和准确性。

本宣传册由德国联邦食品及农业部（BMEL）资助的中德作物生产与农业技术示范园（DCALDP）负责出版。其中陈述的所有观点、结果、结论、提议或建议均为作者个人观点，不代表德国联邦食品及农业部的观点。

首页图片：郑建敏在四川省的试验田现场

项目合作方：



◆ 目录

开展农田试验的原因及重要性	02
农业试验管理基础	03
农业试验管理成功的“七步法”	06
1. 试验问题	07
2. 试验计划	11
3. 挑选试验田地点	14
4. 试验设置	15
5. 进行试验	15
6. 数据收集	17
7. 数据分析和结果分析	19

◆ 开展农田试验的原因及重要性

动植物试验是农业科学和实践获取信息的重要手段。它们可以揭示自然规律，以便人们获取信息、做出管理决策。尽管150年来，人们对各种各样的动植物问题进行了研究，但农田试验永不过时。农田试验可用于研究和测试土地管理及其效果等问题。

原因和研究主题包括：

- ▶ 育种材料和植保产品的开发
- ▶ 为批准品种和植物保护产品授权的试验
- ▶ 科学成果实践转化
- ▶ 新技术应用
- ▶ 帮助今后的管理做决策，比如根据当地土地情实况，应种植哪种作物或品种

图片：黑麦田条状播种试验作者：S·施赖特尔



◆ 农业试验管理基础



图片：作者：A·贝勒

想要成功实施农业试验，需要掌握并遵守几个基本原则。

试验基础

农田试验需要执行并遵守的一些原则。必须遵守这些原则，以在试验中获得宝贵可靠的结果，作为管理决定的基础。

试验规划

周密的规划可减少最终试验所需时间。

试验可以减少犯错。

与农民交流、讨论，对专家很有帮助。

试验应简单

我们常面临这样一个误区：总试图用一个试验来回答尽可能多的问题。因此，试验设置要简单，若有可能，每个试验只解决一个问题。

控制变量

除变量外，所有试验田处理方式必须完全相同。

示例：为了确定不同种子数量对冬小麦产量的影响，除种子数量（变量）外，其他所有因素（处理措施）必须相同。这包括前茬作物、整地、施肥、喷洒农药等。

避免人工处理，如喷洒、施肥或收割。机器比人更有效率。

准确记录数据

大多数试验没有完成，有两个原因：

- 一是没有时间不够，
- 二是数据记录不足（同样适用于现场管理）。

建议：对每一个农田试验，建立一个条田档案，收集所有观察结果和变量之间的差异，以书面形式和照片形式记录在案。包括以下内容：

- 田地里的生长情况
- 分蘖情况
- 发病率
- 杂草种类和生长情况
- 害虫数量
- 天气情况
- 和其他观察情况

记录现场视察过程中的所有特征。即使收获后，每个试验田若能继续观察，将对试验非常有益。

评估试验结果时，除观察和打分外，还应注意天气。

试验计划

田地试验计划有助于试验进行。如果计划有变动，必须在试验计划中予以说明。

重要提示：备份计划，是继续试验的基础。

运用统计学

最低限度的统计数据是评估所收集数据的基础和先决条件。这也是将获得的信息用于农企其他领域的前提条件。

图片：定制试验用的小型肥料撒布
作者：A·贝勒



试验田面积要求

试验田面积的大小对试验结果影响很大。一方面，边缘效应会随着面积的增大而大大减小。

另一方面，土壤的差异可以通过增加试验田的面积来抵消。不同的试验应该有一个最小规划面积。试验田的面积受各种因素影响。

示例：试验田宽6米，长800米，面积为4800 m²。试验田面积越大，试验期望误差越小。出于科学考虑，人们已经研发出专用机器，用于精确播种、施肥和喷洒农药，同样也可用于收割。

试验时间

试验是需要时间的。试验时间包括一些土地缓耕、休耕时间，必须周密安排。若最后因时间不够或收获时间不足而扣分，导致未能如期收割或减产，可能使所有的努力都白费。

建议：

- ▶ 使用核对清单，在上面记录所有必需的工作步骤和工作设备（如材料、采样容器）。
- ▶ 这也适用于抽样和评分：少即是多。如果时间紧迫，不能对统计穗数/平方米或粒数/穗的抽样/评分，那么只收集试验基本数据。



图片：试用定制的小型联合收割机 作者：S·施赖特尔

- ▶ 若有必要，收割前，安排好必要的设备和人员，检查设备功能是否完好。
- ▶ 只有系统、有序的笔记，才能快速、准确的做出评分。评分之前，要浏览之前所有的试验文档，对试验有个大致的判断。

◆ 农业试验管理成功的“七步法”

试验的成功受许多因素影响，为了将问题简单化，我们将试验管理分为七个步骤：

- ▶ 1. 试验问题
- ▶ 2. 试验计划
- ▶ 3. 挑选试验田地点
- ▶ 4. 试验设置
- ▶ 5. 实施试验
- ▶ 6. 数据收集
- ▶ 7. 数据分析和结果分析

上述步骤将在下面详细解释。

1. 试验问题

每一个试验都起源于一个问题，这个问题通过试验得到解释。

问题应简单、准确，试验需要耗费大量时间和金钱。有付出，就一定有回报。首先，哪种作物和问题值得我们去付出？

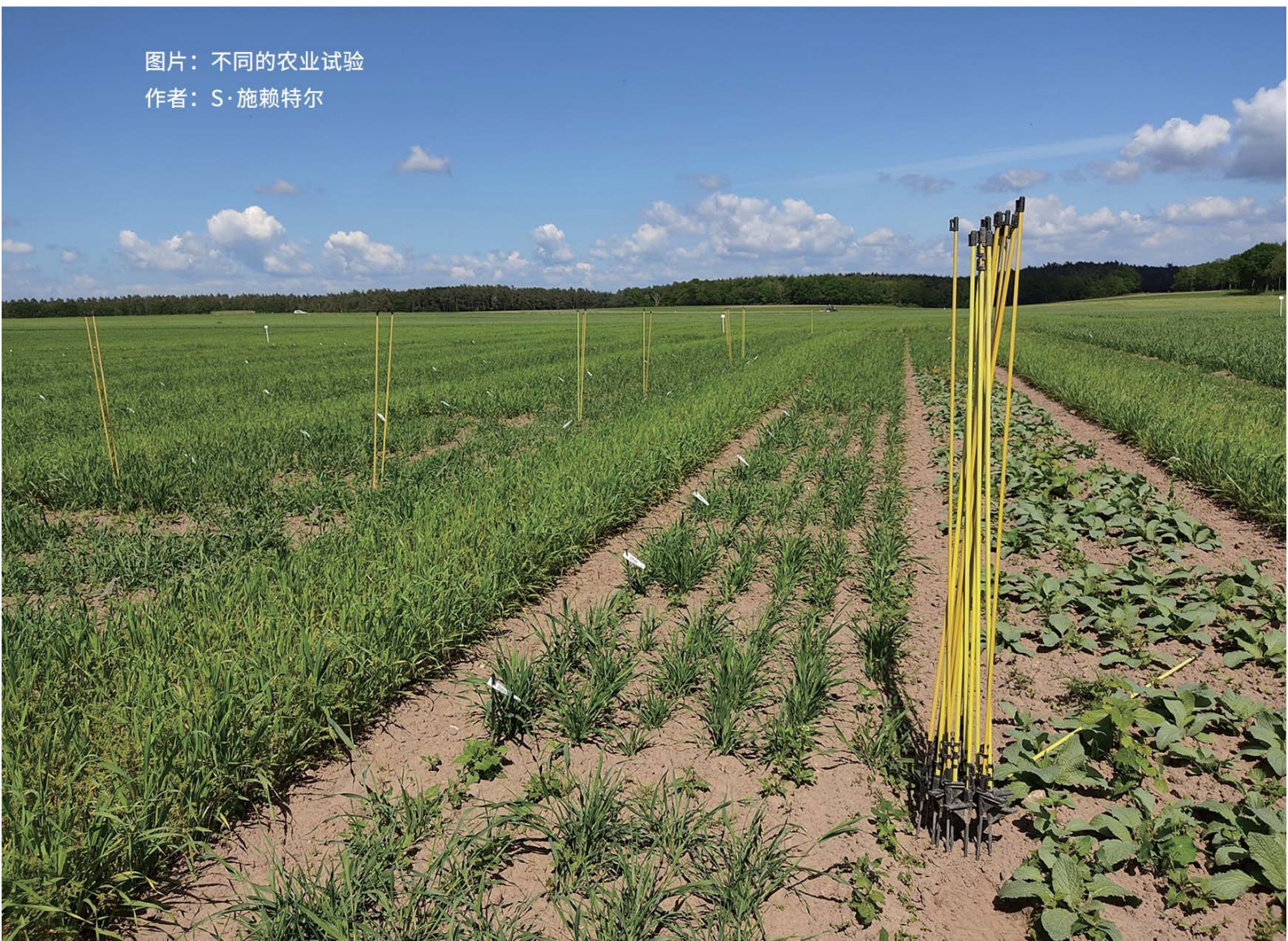
试验作物

一些指导性问题：

- 哪种农作物在农企中占比最高？
- 哪种农作物对农企的成功经营贡献最大？
- 是否应测试另一种作物的可栽培性？
- 是否应测试新技术或不同工作顺序对农作物的影响？
- 测试的土壤是否有问题？
- 对于哪种作物、哪种种植模式需要在作物栽培技术方面进行何种优化？

图片：不同的农业试验

作者：S·施赖特尔



试验特点

而后必须确定要测试或改变哪个变量。比如：作物产量、作物质量、杂草数量、真菌病、流程管理或其他变量。作物产量、作物质量和生产成本通常是首要考虑的问题。

试验变量

一旦确定了变量，就必须考虑可用的栽培措施，来控制试验变量。在农田试验中，这些栽培措施被称为试验变量。

作为试验变量，可用所有栽培措施。比如整理土地、播种密度、植物保护措施等等。

下面是农业生产过程中，对不同试验变量有影响的测试因素。

杂草 - 作物质量 - 作物产量 - 病虫害

-品种	-整地
-前茬作物	-除草
-每片田地里种子或出苗的数量	-作物保护措施（喷洒农药）
-行距	-施肥
-播种和种植时间	-其他
-灌溉方法	

备注：我们不推荐进行多变量试验，因为在实践中无法进行，会导致错误的结果。

变量水平

为测试变量在不同水平的效果，该变量用于不同的数值。测试可以是定性的（用不同品种的粮食、化肥、农药），也可以是定量的（即按照数量）。

不同测试变量和变量描述

测试变量	有用变量水平	变量水平示例
前茬作物	2-3	谷类、玉米、油菜、甜菜、豆类
播种期	2-3	早期、中期、晚期
每平方米种子数量	3	350、400、450
行距	2	12.5 厘米 vs.15 厘米，15 比 20
播种方式	2-3	传统播种与直接播种
品种	2-.....?	品种 1 与品种 2
施肥	2-3	高、中、低播种日期：肥料种类
植物保护药剂/农药	2-3	方法、控制对策
整地	2 -?	深耕、犁、圆盘耙





图片：P·帕齐纳

试验田的范围

示例：不同品种的水稻试验

假设：品种A的分蘖率高于品种B

作物： 水稻

测试属性： 分蘖率

测试变量： 品种

变量水平： 2

变量名称： 品种Y和品种Z

重复次数： 4次

地块数量： 8块

■ 2. 试验计划

试验计划是试验设计者的“**田块地图**”。即使发生极端天气事件或标记丢失，试验计划也可以帮助我们重建试验、找到试验田的位置。办公室应保存一份复印件，以备不时之需。

在设计过程中需要考虑**三个问题**：

- 1) . 适合的试验方式是什么？
- 2) . 适合的试验土地大小？
- 3) . 试验田块所处方向和位置？

最后一个问题非常重要，因为一块土地很容易因自然因素而无法耕种。

- 土壤差异
- 旱地或涝地
- 石层
- 背阴处
- 每年的气候差异

这会对试验产生影响，这些影响并非来自于测试的过程或措施，也不是伪造的结果。为了尽量避免这些因素对试验结果的自然影响，试验会重复进行。

- 在同一片土地的**不同位置**或在不同土地上重复试验
- 时间重复：同样的试验要在**几年中**分别进行
- 这样就可以考虑天气的影响。
- **随机安排**：为避免诸如土壤差异、斜坡影响或类似对试验产生较大影响的因素，试验地必须随机安排。实际操作中，这意味着试验田地的安排必须是不重复的。

图片：A·贝勒



1. 适合的试验方式是什么？

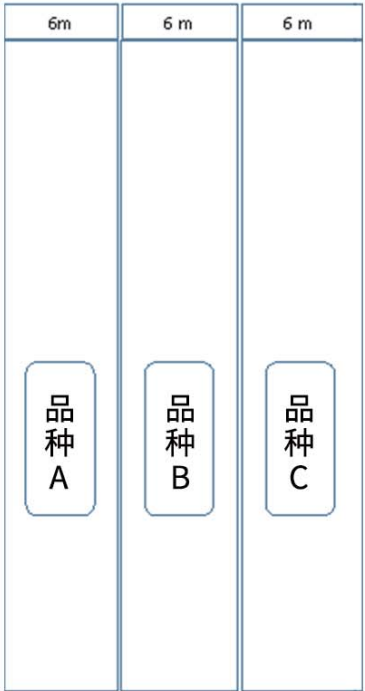
条形布局/体系

各个试验变量在整块田地上条形排列，彼此紧邻。它们必须随机分布在一个或几个田地中。

农业中，条状布局是典型的大面积作物（可通过联合收割机收割）在实际生产中的设计。条状布局特别适用于品种试验、耕作、整地试验、施肥试验、分析前茬作物效果试验和除草试验。

条状试验只是个简单的示范试验。在这里，只有一个横跨整个田地的条状带种植了试验性作物。田地的其余部分是对照组（按照标准的操作程序）。

Example strip layout



也可以一半田地采用一种方法种植，另一半田地采用另一种方法。示范试验可以方便快捷地建立起来，有利于初步了解，为之后大规模试验做好准备。但由于缺乏重复组，无法进行数据分析。

优点	缺点
-试验设置简单 -可使用标准技术 -可使用普通联合收割机收割 -工作量小 -不会对耕地带来较大影响	-所需面积较大 -需要农场在称重设备上投入

图片：四川省的小规模试验田（作者：郑建敏）



小区试验

➤ 在小面积的田地试验中，设置相邻仅几平方米的小块区域。这类试验主要用来进行蔬菜种植、园艺，但也可用于初期肥料试验等。

对于小麦、玉米、水稻等标准作物，不适合这种试验。

优点	缺点
- 占地面积小 - 因其占地面积小，可选择均质土壤 - 适合人工操作 - 可以对各体生长阶段进行直观的对比	- 通常不能使用标准操作机器 - 通常需要特殊技术 - 需要大量体力劳动

窗格试验

窗格试验由田间随机分布的小块土地组成，在这些小块土地中检查相同的测试属性。小格代表重复次数。剩余的作物中放置可控变量。这类试验对植保和除草试验具有重大意义。

准备开展这类实验时，在检测试验土地和制定试验计划时，一定要用明显的特征记号来标记不同点。



图片：喷水窗格（来源：中德农业示范园）

优点	缺点
- 窗格能够均匀地分布在田地中 - 特别适用于肥料、杂草和作物保护试验 - 试验设置方式简便 - 可使用普通农机	- 当小块土地收割时，需提供适当的称重设备 - 田地中间的土地取样不方便 - 要进行这样的试验，需要做很多准备工作

■ 3. 挑选试验田地点

试验只针对农场的某一部分，但应为整个农场提供有参考价值的结果。这意味着试验区应被视为整个农场的样本点。为了使结果通用，试验区应具有代表性，并尽可能的保证条件统一。

选择尽可能同质的区域是很重要的。在规划过程中考虑这些田地的“历史”也是非常有帮助的。其中包括：

- 耕地登记册的详细资料
- 潮湿、干燥的地方
- 既往的机耕道
- 在过去几年的作物种植中，问题区域在哪里？
- 作物轮作的影响

田地的位置

选择区域后，在现场尽可能有利地进行试验。

- 与地头、田垄、土路和邻近田地保持相当距离
- 不要使用关键区域进行取样/评分
- 土壤湿度的差异会对结果产生显著影响（比如在水稻种植中的漫灌渠道）
- 在进行土地试验时，特别是在取样/评分时土壤条件恶劣，应将试验土地设置在易于接触的地方。



图片：试验田，作者：A·贝勒

■ 4. 试验设置

试验设置方向

选择尽可能同质的区域是很重要的。在规划过程中考虑这些田地的“历史”也是非常有帮助的。其中包括：

试验田的测试和设置

- 材料：测量轮、长卷尺、试验田标记棒（非金属）
- 至少对一个点进行准确测量作为参考点
- 在试验计划中画出测量点的位置
- 检查试验计划是否包含所有必要信息
- 用勾股定理做一个直角三角形，边分别为3米、4米和5米。两个短边形成90度角
- 确保所有的土地在收割之前都要有标记
- 在收割前，把标记杆取下来



图片：用塑料棒标记试验田
作者：S·施赖特尔

■ 5. 进行试验

要求：

- 仔细记录所有步骤
- 认真细致的做好每一步
- 控制变量！

控制变量规定，除少数例外情况外，所有试验区必须以同样的方式进行试验。当然特殊情况除外：如果要比较不同的栽培方法，方法的各个方面需不同。换言之，采用不同的方法研究栽培效果。

示例：谷物播种期不同

目的是测试播种期的提前或推迟对产量的影响。根据平等原则，两个播种期每平方米的种子数应相同。

然而，在实践中，需要在后期选择大量种子，因此也会影响施肥和植保措施的时间。由于这两种方法都要相互比较，所以必须对这两种方法进行最佳管理，并以这种方式控制变量。从条播（例如杂草、疾病）时的明显差异与产量一起包含在评估中。

图片：中德农业示范园条播
(来源：中德农业示范园)



6. 数据收集

基本数据

在每次试验中，都会收集一些基本数据。其目的是定期准确了解试验田及其情况。此外，这些数据为评估和解释提供了有价值的信息。这些基本数据表可能包括：

基本数据	数据的属性和来源
土壤（类型、价值等）	
土壤养分含量（试验初期分析）	
土壤表面	
相对于太阳的位置（基本方向）	
气候 / 天气	
气候的长期平均值	
温度（最小、最大、曲线）	
降雨量	
特殊天气事件（特别是暴雨、高温等情况）	

每次试验的数据采集

大多数观测和调查都不需要用昂贵的设备就可以进行。通常情况下，记录差异的绝对数值并不重要，重要的是评估它们之间的关系。

示例：不同品种抗病性试验

为此，某些属性（例如受病害影响的叶子比例）按1至9分级;1代表无或极低感染，5代表中等感染风险，9代表极高感染风险。分类应该在同一日期或同等生长水平的植物中进行。但是，如果在不同的时间抽样，在分配分数时，必须考虑有关特征的发展。必须考虑未来特征表达增加的可能性。

为执行指引，个别植物的抗病性评级应以1至9分为准。实践：

- 随机选择一个变种的位置，并对一个小区域进行分类，然后汇总为一个平均值。
- 单株的分类：这种分类是从一种植物或少数植物中随机选择3-5个部分进行的。在分类方面，选择患病率最高和最低的植株。

关于分类的进一步说明和建议：

- 评估的结果取决于评估人员。
- 实验中应始终在同一地区重复取样和分类。这个区域应该记录在现场测试和试验计划中。
- 应在同一天对所有地块进行属性评估，时间间隔尽可能小，即不要一半在上午，另一半在下午或傍晚（不同的光照条件、树叶位置等）
- 不要在阳光下评估，侧光是最佳选择
- 一次只能由一个人评估一个地块
- 地块边缘及空隙旁的植物一般不在评估范围内。
- 所有的观察记录必须注明日期，且必须包括当天的时间和地块编号/名称。大多数观察值只有记录时间才会有意义（例如杂草生长的开始时间）
- 提供照片。
- 必须记录单个评定量表的使用情况。重要的是，以后还有可能重建评分方案是如何应用的。
- 根据EC/BBCH量表，生长阶段的记录对于自身试验与其他试验或与后续年份试验结果的可比性很重要。
- 取样：在样品袋的表面贴上标签，以确保文件准确。（地块、样本编号等）

7. 数据分析和结果分析

平均值

计算农业试验结果的主要目的是比较几个处理变量的平均值与对照地块的平均值。在统计学中，重复测量值的平均值称为平均值或算术平均值。平均值是由所有测量值之和除以测量值个数（n）得出。

标准差

两次相同的平均值可以由完全不同的单个值组成。后续无法确定构成平均值的值。

某个油菜实验的案例：

- 变种A产量（单位：100公斤/公顷）： 44+47+51+50：平均值=48
- 变种B产量（单位：100公斤/公顷）： 39+47+50+56：平均值=48

第二行数字之间的距离比第一行要远，测量值的方差更大。对于农田试验结果的可靠分析，单个平均值是没有意义的。经过计算的平均值必须在测量值的方差范围内。标准差是方差的一个度量单位。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n - 1}}$$

油菜的案例，这意味着：

变种 A	变种 B
$s = \sqrt{\frac{(44 - 48)^2 + (47 - 48)^2 + (51 - 48)^2 + (50 - 48)^2}{4 - 1}}$	$s = \sqrt{\frac{(39 - 48)^2 + (47 - 48)^2 + (50 - 48)^2 + (56 - 48)^2}{4 - 1}}$
s = 3,2	s = 7,1

平均而言，从平均值看，测量值与平均值的偏差分别为320和7100公斤/公顷。

虽然标准差是衡量方差的最重要的统计单位，但它也有以下缺点：

与平均值相比，无法直接确定大小。很明显，例如，平均产量3000公斤，其标准差为500公斤，相对于平均产量5000公斤的方差更大。在比较不同样本的方差（如控制变量和对照），了解标准差与平均值之间的关系尤为重要。此处需要计算的**变异系数（VC）**，

可得出单个值的方差，作为平均值的百分比。

计算变异系数的公式是：

$$VC = \frac{\text{Standard deviation (s)} \times 100\%}{\text{mean value of the sample}}$$

对于油菜的案例：

变种 A	变种 B
$VC = \frac{3,2 \times 100\%}{48} = 6,6\%$	$VC = \frac{7,1 \times 100\%}{48} = 14,8\%$

6.6%和14.8%表明，第二个案例的测量值相对于平均值的相对方差比第一个案例大得多。14.8%标明方差相对较大，实验误差也大。

另一个不同的农田试验的案例：

各种试验中，两个参数（新品种、农场标准品种=对照），四次重复值

	重复次数						
	1	2	3	4	平均值	s	VC 变异系数
对照产量（公斤/公顷）	4700	4600	5100	4800	4800	220	4,50%
新品种产量（公斤/公顷）	5100	5200	5500	5400	5300	180	3,40%

在表中，可以看到新品种的产量要高于标准品种产量500公斤/公顷。标准差和变异系数表明，各品种测定值的方差较低，平均值分别小于220公斤和小于5%。这明显小于两个品种的产量差异（500公斤）。由此可以得出结论：试验误差较小，新品种的产量较高，在农场的其他领域有一定的推广价值。



www.huanghai-demopark.cn