

田间试验与

作物统计

主 编 佳木斯农业学校 张 元
编写人 北安农业学校 王立人
佳木斯农业学校 杨永年
牡丹江农业学校 韩龙珠

前 言

黑龙江省中等农业学校一九八一年制定三年制教学计划时，农学专业增设了《田间试验与生物统计》课。因为这门课没有全国编写的教材，在省农业局科教处的领导下，组成教材编写组，编写本教材供教学中使用。

本教材由两部分内容组成。一部分为田间试验技术，根据中等农业学校的培养目标，这部分内容为教学的重点，教材写的比较详尽具体，要通过课堂教学、实验实习和教学实习，使学生系统掌握田间试验技术；另一部分为生物统计，为适应实现农业现代化和农业科学不断发展的需要，这部分内容有了较大的增加，对每个统计环节都说明了统计原理和公式来源，力求使学生能了解统计过程中的来龙去脉，克服过去只会运算、不明白道理的弊端。

本教材承蒙东北农学院孟庆喜副教授进行了审稿，红兴隆农业学校樊树文讲师参加了审定，佳木斯农业学校张惠明讲师绘制了插图，在此一并致谢。

由于编写人员水平所限，错误和不当之处一定不少，请使用本教材的同志发现后批评指正，以便日后修订。

**黑龙江省中等农业学校
田间试验与生物统计教材编写组**

一九八二年九月

目 录

前 言

第一章 田间试验概述	(1)
第一节 田间试验的意义与要求.....	(1)
一、田间试验的意义.....	(1)
二、田间试验的基本要求.....	(2)
第二节 田间试验的种类.....	(4)
第三节 试验误差及其控制途径.....	(6)
一、试验误差的概念.....	(6)
二、试验误差的来源.....	(7)
三、控制误差的途径.....	(8)
第二章 试验的田间设计	(10)
第一节 田间试验设计的意义与原理.....	(10)
一、田间试验设计的意义.....	(10)
二、田间试验设计的原理.....	(11)
第二节 田间试验的小区技术.....	(13)
一、小区的面积、形状与方向.....	(13)
二、小区的重复次数.....	(16)
三、对照区的设置.....	(17)
四、重复和小区的排列.....	(17)
五、保护行和走道的设置.....	(20)
第三节 常用的田间试验设计.....	(21)
一、顺序排列的试验设计.....	(21)
二、随机排列的试验设计.....	(23)

第三章 田间试验的实施	(32)
第一节 试验地的选择.....	(32)
第二节 试验计划的制定.....	(33)
一、试验课题的确定.....	(33)
二、试验计划的内容.....	(34)
第三节 田间试验的播前准备.....	(36)
一、试验地的准备.....	(36)
二、田间区划.....	(37)
三、材料准备.....	(38)
第四节 田间试验的播种和栽培管理.....	(41)
一、试验区的播种.....	(41)
二、试验区的栽培管理.....	(42)
第五节 田间试验的调查记载.....	(43)
一、田间试验调查记载的主要内容.....	(44)
二、田间调查的取样技术.....	(45)
三、室内考种.....	(47)
第六节 试验区的收获.....	(48)
一、计算产量面积的确定.....	(48)
二、收获.....	(49)
三、脱粒和产量计算.....	(50)
第四章 生物统计基础知识	(54)
第一节 常用统计术语的概念.....	(54)
第二节 资料的整理.....	(56)
一、次数分布表.....	(57)
二、次数分布图.....	(61)
第三节 平均数.....	(63)
一、平均数的意义.....	(63)

二、平均数的计算方法	(64)
第四节 标准差	(68)
一、标准差的意义和计算公式	(68)
二、标准差的计算方法	(72)
三、变异系数	(79)
第五节 概率和正态分布	(80)
一、概率的概念和运算	(80)
二、二项分布	(85)
三、正态分布曲线	(88)
四、样本平均数的分布和平均数标准差	(92)
五、样本平均数差数的分布和平均数 的差数标准差	(97)
第六节 差异显著性的测定	(100)
一、差异显著性测定的步骤和方法	(101)
二、 t 分布和 t 测验	(104)
三、样本平均数与总体平均数 差异显著性的测定	(106)
四、总体平均数的置信区间	(107)
五、两个样本平均数间差异显著性的测定	(110)
第七节 方差分析	(116)
一、平方和及自由度的分解	(117)
二、 F 分布和 F 测验	(122)
三、多重比较	(125)
第五章 试验结果的统计分析和总结	(137)
第一节 对比法和间比法试验结果的统计分析	(137)
一、对比法试验结果的统计分析	(137)
二、间比法试验结果的统计分析	(143)

第二节	随机区组试验结果的统计分析	(145)
一、	随机区组试验结果的方差分析	(145)
二、	随机区组试验缺区的产量估计 和结果分析	(153)
第三节	拉丁方试验结果的统计分析	(156)
第四节	复因素试验结果的统计分析	(161)
第五节	田间试验的总结	(170)
一、	试验总结的内容和要求	(170)
二、	田间试验总结报告实例	(172)
第六章	直线相关和回归	(183)
第一节	直线相关	(183)
一、	相关程度的度量	(184)
二、	相关系数的计算方法	(189)
三、	相关系数显著性的测定	(191)
第二节	直线回归	(194)
一、	直线回归的概念	(194)
二、	直线回归的方程式	(197)
三、	直线回归的计算方法	(202)
四、	回归关系显著性的测验	(206)
第七章	卡平方测验	(212)
第一节	卡平方的概念和分布	(212)
一、	卡平方的概念	(212)
二、	卡平方的分布	(214)
三、	卡平方的显著性测验	(216)
四、	卡平方的连续性矫正	(217)
第二节	适合性测验	(217)
第三节	独立性测验	(220)

附录 I 统计用表	(223)
附表 1 随机数字表.....	(223)
附表 2 正态曲线下的面积表.....	(224)
附表 3 t 值表.....	(225)
附表 4 F 值表.....	(226)
附表 5 多重比较差异显著标准值 (R) 表.....	(232)
附表 6 SSR 值表.....	(236)
附表 7 r 值表.....	(240)
附表 8 χ^2 (卡平方) 表.....	(241)
附录 I 主要农作物田间试验调查项目和标准	(242)

第一章 田间试验概述

第一节 田间试验的意义与要求

一、田间试验的意义

科学试验是人类认识自然和改造自然最重要的手段，农业科学试验的主要形式是田间试验，它的基本任务是研究在生产条件下，农作物的生长发育及其与环境条件关系的规律，并进一步将这些规律在农业生产上能够合理地应用和推广，以发挥其在农业增产上的作用。

农业科学试验的主要内容包括：（1）品种试验：即将某作物不同遗传性材料，在相对相同的条件下进行试验；（2）栽培试验：即将某作物同一遗传性的材料，在不同栽培条件下进行试验；（3）品种与栽培相结合的试验。

农业科学试验除以田间试验为主外，通常还有实验室试验、盆栽试验、温室试验等的配合。因为这几种试验方法能够较严格地控制一些在田间条件下难以控制的试验条件，如温度、湿度、光照、土壤成分等，从而有助于配合田间试验深入地阐明农作物的生长发育规律。这对于阐明农业生产上的一些理论问题是极为有用的，应在有条件时充分利用。但是，这些只能作为有效的辅助性试验方法，为了解决生产实践中的问题，田间试验的主要地位是不可代替的。实践证明，田间试验是开展农业科学研究和改进农业生产技术措施

的主要途径。为此，我们要积极开展以田间试验为主要形式的农业科学试验，以促进农业生产力的迅速发展，为我国的社会主义农业现代化建设做出贡献。

二、田间试验的基本要求

田间试验研究的对象是农作物，农作物的生长发育和环境条件有着极其密切的关系，而田间试验又必须在与生产条件最近似的环境条件下进行，由于环境条件难以控制，这就增加了田间试验的复杂性。即田间试验的结果，既有农作物本身的生长发育规律的制约，又有环境条件中各种偶然因素的影响。为了有效地做好试验，使试验结果能正确地反映客观规律，并能在发展农业生产上发挥应有的作用，对田间试验的基本要求是：试验的代表性、准确性和重演性。

试验的代表性 田间试验的代表性主要是指，试验条件应该能够代表将来准备推广试验结果地区的自然条件（如试验地的地势、土壤类型、土壤肥力、气象条件等）与农业条件（如耕作制度、施肥水平、机械化水平、灌溉等），只有在代表性的试验条件下进行试验，其结果（如新品种或新技术的试验结果）才能在今后拟推广地区的农业生产实践中应用。否则，在生产上推广应用后，往往会出现与试验时不同的结果。

然而科学试验本身是探索性的，随着农业生产的发展，在考虑试验条件时应辩证地对待代表性，即在进行试验时，既要考虑代表当前的农业生产条件，还应注意将来可能被广泛采用的条件，使试验结果既能符合当前农业生产水平的需要，又能适应未来农业生产发展的要求。

试验的准确性 田间试验的准确性是指试验结果准确可

靠，能够真实地反映品种或处理间的差异。因此在进行田间试验时，应尽力减少试验误差，使试验结果准确地反映客观规律。但在一般情况下，试验误差是难以避免的。例如，品种比较试验的目的，主要是比较不同品种在丰产性上的差异，但试验小区之间土壤肥力、田间作业等方面的不一致，必然会影响小区的产量，使试验结果不能准确地反映品种间在丰产性上的差异。因此试验地除了将试验研究的因素有意识地分成不同处理外，其它条件及一切管理措施都应尽可能一致，以减少误差，从而提高试验结果的准确性。只有准确性高的试验结果，才能反映试验处理的本质。

试验的重演性 重演性是指在相对相同的条件下，再进行试验或实践时，能重复获得与原试验相类似的结果。重演性对于生产实践中推广农业科学试验的成果是极其重要的，因为田间试验受到复杂的自然环境条件的影响，在不同地区、不同年份或在同一地区不同年份进行的相同试验，其试验结果往往不会一样。这就是由于地区之间或年份之间自然环境条件有变化的影响；也可能是由于原试验不够准确或缺乏代表性；通常是两者兼有。为了保证试验结果能获得重演性，在试验过程中必须对土壤、气候、技术措施以及作物的生长发育状况等，进行详细观察记载，以便分析试验结果，找出规律性的东西，估计试验的重演性。最好同一试验要重复进行二、三年，以了解其在不同年份气候条件下的表现。只有具有重演性的试验结果，才能推广应用到农业生产中去，产生与原试验结果相类似的效果，试验才有实践意义。

第二节 田间试验的种类

田间试验的种类可按试验因素的多少和内容分为下列几种：

一、单因素试验

在同一试验中只研究某一个因素的若干处理的试验，称为单因素试验。例如，在选育新品种过程中，对新选育品系的鉴定试验，或新引进品种的品种比较试验，以明确它们的增产性能。在这种试验中，品系或品种是试验的唯一因素，每一个品系或每一个品种，就是一种处理。这类试验除品系或品种不同外，其它栽培管理技术措施都应力求相同。又如，为了明确某一品种的栽培密度，密度就是试验因素，试验中几种不同的密度，就是几种处理，而品种及其它栽培技术、管理措施都应相对相同。单因素试验在设计上比较简单，目标单一，所得试验结果容易分析，但不能了解多个因素之间的相互作用。

二、复因素试验

在同一个试验中同时研究两个或两个以上因素的试验，称为复因素试验，或称多因素试验。在这种试验中所确定的各个因素都有不同水平（在试验中将研究的因素采用不同的措施称为水平），各因素不同水平的组合，称为处理或处理组合。在这类试验中除因素及其水平不同外，其它一切栽培技术、管理措施均相对相同。通过这种试验，不仅可以研究分析各个因素的单独效应，而且还可以研究分析各个因素

结合起来所产生的效应。例如，进行甲、乙、丙三个品种与密植、中等、稀植三种密度的两因素试验，共有甲密、甲中、甲稀和乙密、乙中、乙稀及丙密、丙中、丙稀等九种处理（即 $3 \times 3 = 9$ 个处理）。这种试验结果，不仅可以明确两个因素不同水平的优劣，而且还可以找出三个品种对各种密度是否有不同的反映，并选出最优组合。这种复因素试验，有利于探索研究并明确农作物生长发育有关的各个因素间的相互作用，能够较全面地说明问题。但复因素试验的处理数较多，增加了试验的工作量，并使试验复杂化，因而在田间试验中应用的较少。

三、综合性试验

综合性试验是在较大面积上综合运用成套的丰产栽培技术措施，从中探索高产、稳产、低成本的规律，并根据其产量和经济效益来说明综合性丰产栽培技术的效应。因为在自然界中自然现象是相互联系、互相制约的，只有在农业生产上进行成套栽培技术的综合性试验研究，才能认识并掌握其规律，为农业增产提供有效的依据，确定出增产的栽培技术。

在这类试验中，应以当地先进的生产经验和试验研究成果为基础，良种与良法密切结合，从选用品种、耕作、换茬、播种、管理到收获等，都应采用适合当地的最先进的农业技术。

以上是根据试验因素数目的多少来区分的各类试验，在进行试验时，又可按不同的目的与要求进行一年或多年、一点或多点、小区或大区的试验。试验只进行一年的称为一年试验；连续重复进行几年的试验称为多年试验。由于不同年

份中的气候条件（特别是降水、温度、日照和积温）的差异，有着不同的影响，所以一年一次试验结果只不过是说明某年某地的试验情况，往往不易作出正确的结论。多年试验可以观察研究试验处理在不同年份的环境条件变化（其中有：有利的和不利的）下的反映与表现，对试验处理能有较全面的认识，有利于推广和应用。一项试验只在一个地点进行，就称一点试验；同一项试验同时在几个地点进行，称为多点试验。多点试验由于试验的分布地点多，代表面广，有助于较快确定试验成果的适应范围，有利于新品种、新技术的推广和应用。有些试验可以将多点试验与多年试验结合进行。例如对新育成品种在推广前的区域试验，就是经过多点、多年（至少两年）的试验，然后确定参加试验品种对不同地区、不同气候条件的适应性及其高产稳产的性能。关于小区试验和大区试验，一般在试验中将每一处理播种在几平方米或几十平方米的小区，称为小区试验。大区试验通常是播种面积较大（半亩以上），试验条件接近于大田生产的试验，它适合于生产、示范试验或综合性试验。

第三节 试验误差及其控制途径

一、试验误差的概念

在田间试验过程中，处理间生产力本质上高低的差异数，称为处理的真实效应，它是由于处理不同而造成的必然结果。但是处理间同时又受到许多其它非处理因素的干扰和影响，使处理的真实效应不能单独的反映出来。这样从田间试验中所得到的各处理的观察值，就既包含有处理的真实效

应，又包含有许多其它非处理因素的偶然影响造成的偶然效应。这种使观察值偏离处理的真实值的偶然效应，称为试验误差（或简称误差）。试验误差就是指处理间差异的发生是由机会造成的，所以又称之为机误。它影响着试验结果的准确性，因此可以用试验误差作为衡量试验准确性的依据，误差小表示试验准确性高，误差大则试验准确性低。这就说明在田间试验的设计与执行过程中，必须设法合理估计并降低误差。只有误差小，才能对处理间差异作出正确而可靠的结论。

二、试验误差的来源

在田间试验中，试验误差是不可避免的。因为田间试验所用的材料是农作物，是有生命的有机体，而试验所处的田间又受到难以控制的自然环境条件的影响，一定会受到偶然因素影响而产生偶然效应，即误差。所以我们要消除误差是不可能的，但必须想尽办法降低误差。为此，了解误差的来源就具有现实意义。田间试验的误差有下列两种来源：

试验材料固有的差异 这是指试验中各处理的供试材料，在其遗传型上和生长发育状况上，具有或多或少的差异。例如试验用的材料遗传型不纯，播种用的种子大小有差异或试验用的秧苗大小、壮弱不一致等都能引起试验误差。

试验条件的差异 土壤是田间试验的条件之一，而土壤存在着程度不同的差异，这主要是由于土壤形成过程和人类的生产活动所造成的，如地形的高低、土质、土壤养分、水分、耕作施肥方法、前茬作物种类的不同等，这是试验误差最主要的来源。其它在试验过程中对各个处理间的田间管理措施和操作，如整地、播种深度与密度、中耕除草、灌溉、

施肥等，尽管要求质量相同，但也不可能做到完全一致，即使同一个人操作也会略有差异。其他如对某性状进行观察和测定时，各个处理的观察测定时间、标准等的掌握也不能完全一致。这些都是试验误差的另一方面来源。但其中土壤差异（即土壤肥力的不均匀性）引起的误差，所占的比重最大。

这里必须说明的一点，在试验中人为的差错，如漏播、播错、量错、秤错、写错等造成试验的观察值不真实而产生的错误，这与试验中的误差在性质上是完全不同的。错误在试验过程中是绝不允许发生的，而误差是不可避免的，只能通过一系列的途径来控制，使试验误差尽可能降低到最小程度。

三、控制误差的途径

田间试验误差的来源已于前述，为了降低误差，必须针对误差的来源加以控制，控制的途径有：

选择整齐一致的试验材料 试验用的材料必须要求在遗传型上是一致的。至于种子的大小或秧苗的大小、壮弱不一致时，可按大小、壮弱分档，而后将同一规格的安排在同一重复的各个处理小区上，或将各档规格按比例混合再分配于各处理小区中，可使试验材料相对一致，以降低试验的误差。

减少试验条件的差异 在试验条件中，引起误差的来源是多方面的。其中土壤差异所造成的误差为最大，其它各种条件的偶然影响，也是造成误差的一部分。为此，必须有针对性地设法减少试验条件的差异，以降低试验的误差。通常控制的途径是：（1）选择肥力均匀的土地作为试验地，使土壤差异减少到最小限度。（2）试验中进行正确的试验设计

和应用相应的统计分析，进一步控制土壤肥力的差异。

(3) 除上述途径外，必须按照试验要求的时间和质量，将各项田间作业尽可能要求做到均匀一致，尽量减少其它一切条件的差异。只要正确贯彻执行以上三条，就能有效地降低误差。具体的做法待以后有关章节叙述。

习 题

1. 田间试验与农业生产是什么关系？
2. 为什么农业科学试验一定要进行田间试验？除此之外，是否还有其它辅助的试验形式？
3. 进行田间试验有哪些基本要求？
4. 单因素试验、复因素试验、综合性试验各有什么特点？在田间试验中各起什么作用？
5. 什么是试验误差？试验误差对试验处理间比较的准确性有什么关系？
6. 试验误差有哪些来源？如何有针对性地进行控制才能降低试验的误差？