

全国中等农业学校教材

作物遗传与育种学

第五分册 田间试验和生物统计

(第二版)

山东省昌潍农业专科学校
广西壮族自治区农业学校

主编

农学专业用

农业出版社

全国中等农业学校教材

作物遗传与育种学

第五分册 田间试验和生物统计

(第二版)

山东省昌潍农业专科学校 主编
广西壮族自治区农业学校

全国中等农业学校教材

作物遗传与育种学

第五分册 田间试验和生物统计(第二版)

山东省昌潍农业专科学校 主编
广西壮族自治区农业学校

责任编辑 徐建华

农业出版社出版 (北京朝阳区东营路)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 8.75印张 188千字
1979年10月第1版 1980年10月第2版北京第4次印刷

印数 51,301—71,100册 定价 1.60元

ISBN 7-109-00011-7/S·8

统一书号 16144·3278

编写说明

本教材是在原全国中等农业学校试用教材《作物遗传与育种学》北方本和南方本的基础上进行修订的。原书北方本是由山东省昌潍农业专科学校宋邦钧、黑龙江省北安农业学校王立人主编，周武歧、吉殿威、张泽娴、孙凤璞参加编写。原书南方本是由广西壮族自治区农业学校王宗宜、四川省绵阳农业学校蔡国章主编，李伟棠、曹延科、王淑慎、马洪沃、祁祖白、雷治平、玉中尧、杨宪民参加编写。

农牧渔业部教育司于1983年6月在南宁召开了本教材修订研讨会，讨论了教材修订意见，并于1983年9月组织山东省昌潍农业专科学校、广西壮族自治区农业学校、河南省中牟农业学校、福建省龙溪农业学校和黑龙江省佳木斯农业学校的有关教师对原教材进行修订。这次修订的原则是，在原书的基础上，力求做到科学性、系统性，内容更为充实，概念更加明确，文字通俗易懂，并且尽可能地反映一些新的科学知识。但由于我们的水平和时间有限，在内容深广度的处理上，难免有主观性和片面性，希望使用本教材的同志提出宝贵的意见，以便今后使其更臻于完善。

修订本的书名为《作物遗传与育种学》，共分为五个分册：

第一分册：作物遗传学基础

第二分册：作物育种和良种繁育学通论

第三分册：作物育种和良种繁育各论（北方本）

第四分册：作物育种和良种繁育各论（南方本）

第五分册：田间试验和生物统计

分册出版便于使用和其它专业选用。

在修订和审稿过程中，得到兄弟学校、农业科研单位的协助和支持，在此一并表示感谢。

《作物遗传与育种学》教材修订组

目 录

第一章 田间试验概述	1
第一节 田间试验的意义	1
第二节 田间试验的种类	2
第三节 田间试验的基本要求	5
第四节 试验误差的来源及其控制的途径	7
一、试验误差的概念	7
二、试验误差的来源	7
三、控制试验误差的途径	8
第二章 试验的田间设计	10
第一节 田间试验设计的基本原则	10
一、设置重复	10
二、随机排列	11
三、局部控制	11
第二节 田间试验的小区技术	12
一、小区的面积、形状和方向	12
二、小区的重复次数	14
三、对照区的设置	14
四、重复和小区的排列	15
五、保护行和走道的设置	17
第三节 常用的田间试验设计	18
一、顺序排列的试验设计	18
二、随机排列的试验设计	20
第三章 田间试验的实施	30
第一节 试验课题的选择和试验处理的设计	30

一、试验课题的选择	30
二、试验处理的设计	30
第二节 试验计划的拟定	31
第三节 试验地的选择	32
第四节 田间试验的播前准备	33
一、试验地的整地和施肥	33
二、田间区划	34
三、种子准备	35
第五节 播种和栽培管理	36
一、播种和移栽	36
二、栽培管理	38
第六节 田间试验的调查记载	38
一、调查记载的主要内容	39
二、田间调查的方法	40
三、田间调查的取样	41
四、室内考种	42
第七节 收获和脱粒	43
一、计算产量面积的确定	43
二、收获	44
三、脱粒和产量计算	45
第四章 生物统计概述和数量资料的整理	47
第一节 田间试验与生物统计	47
第二节 常用统计术语的概念	48
一、资料、变数和观察值	48
二、总体和样本	48
三、参数和统计数	50
第三节 资料的整理	50
一、数量资料的类别	50
二、资料的整理	51
第五章 平均数和标准差	61
第一节 平均数	61

一、平均数的意义和种类	61
二、算术平均数的计算方法	62
第二节 标准差	66
一、方差和标准差	67
二、标准差的计算方法	70
三、变异系数	77
第六章 概率和理论分布	79
第一节 概率的概念和运算	79
一、概率的概念	79
二、概率的运算法则	81
第二节 二项分布	84
第三节 正态分布	88
一、正态分布曲线的特性	89
二、标准化正态分布	91
第四节 样本平均数的分布	93
第五节 样本平均数差数的分布	98
第七章 统计假设的测验	105
第一节 统计假设测验的步骤和方法	105
第二节 t 分布和 t 测验	109
第三节 总体平均数的置信区间	112
第四节 两个样本平均数相比较的假设测验	115
一、非配偶成对资料的平均数比较	115
二、配偶成对资料的平均数比较	120
第八章 方差分析	124
第一节 平方和及自由度的分解	124
第二节 F 分布和 F 测验	129
第三节 多重比较	132
一、 t 测验法	133
二、新复极差测验法	137
三、 q 测验法	140
第九章 试验结果的统计分析和总结	143

第一节	对比法试验结果的统计分析	143
一、	百分比法分析	144
二、	产量差异显著性的测验	146
第二节	间比法试验结果的统计分析	148
第三节	随机区组试验结果的统计分析	150
第四节	拉丁方试验结果的统计分析	156
第五节	复因素试验结果的统计分析	162
第六节	田间试验的总结	171
第十章	直线相关和回归	174
第一节	直线相关	174
一、	相关的意义和种类	174
二、	相关程度的度量	176
三、	相关系数的计算	180
四、	相关系数显著性的测验	183
第二节	直线回归	185
一、	直线回归的概念	185
二、	直线回归方程式	187
三、	直线回归的计算	189
四、	回归关系显著性的测验	192
第十一章	卡平方测验	198
第一节	卡平方测验概述	198
一、	卡平方的概念	198
二、	卡平方的分布	200
三、	卡平方的测验	201
四、	卡平方的连续性矫正	202
第二节	适合性测验	203
第三节	独立性测验	206
附录一	实验实习指导	211
实验实习一	田间试验计划书的拟定	211
实验实习二	田间试验的种子准备和田间区划	213
实验实习三	试验地的播种	215

实验实习四	试验的田间调查记载	216
实验实习五	试验区的收获和产量计算	216
实验实习六	田间试验的室内考种	218
实验实习七	一般型袖珍电子计算器的使用方法	218
实验实习八	对比法试验结果的统计分析	223
实验实习九	随机区组试验结果的统计分析	224
实验实习十	拉丁方试验结果的统计分析	228
实验实习十一	复因素试验结果的统计分析	231
实验实习十二	田间试验的总结	236
实验实习十三	函数型袖珍电子计算器的使用方法	240
附录二	统计用表	251
附表 1	随机数字表	251
附表 2	正态曲线下的面积表	252
附表 3	t 值表	253
附表 4	F 值表	254
附表 5	SSR 值表	260
附表 6	q 值表	264
附表 7	r 值表	268
附表 8	χ^2 (卡平方) 表	269
参考书目	270

第一章 田间试验概述

第一节 田间试验的意义

发展农业生产要依靠农业科学技术的进步，农业科学试验是促进农业科学技术进步最重要的手段，它的基本任务是：研究农作物的生长发育及其与环境条件关系的规律，探索农作物增产的新途径，为农业生产不断提供新品种和新技术。

田间试验是农业科学试验的主要形式，因为农业生产是在田间自然条件下进行的，农作物的产量和各种表现都是在田间环境条件影响下与农作物相互作用的结果。只有在田间进行试验，其结果才能真实地反映农作物在生产上的表现，为推广新品种和新技术提供科学的依据。

农业科学试验除田间试验外，有时为了更有效地控制一些在田间条件下难以控制的试验条件，还要采用盆栽试验、温室试验、人工气候室试验等形式，这类试验对于深入研究作物的生长发育规律，阐明农业生产上的一些理论问题是极为有用的，但因试验条件与田间存在不同程度的差别，试验结果未必能够反映生产的实际情况，因而只能作为有效的辅助性试验，田间试验在农业科学研究中的主要地位是不可代替的。

第二节 田间试验的种类

田间试验按照试验因素的多少、试验内容的不同和试验小区的大小，可进行以下几方面分类。

一、根据试验因素的多少分类 影响农作物生长和发育的因素很多，如光照、温度、水分、品种、肥料、密度等等。其中有些因素在大面积生产条件下目前人们还难以控制，如光照、气温等因素，而多数因素人们是能够加以控制的，田间试验的主要任务也就是研究如何控制这些因素使作物获得丰产。按照试验因素的多少，田间试验可分为以下几种。

1. 单因素试验 在同一试验中只研究一个因素的称为单因素试验。如品种比较试验，品种是试验的唯一因素，不同试验小区除品种不同外，其他条件应力求一致。

田间试验的试验因素一般都设有若干个水平。如水稻密度试验设置了每亩 10 万株、12 万株、14 万株、16 万株和 18 万株 5 种密度，即 5 个水平。试验因素设置的不同措施称为处理，单因素试验的不同水平就是不同的处理，水平数即处理数。

单因素试验由于处理数较少，试验方法简单，试验结果容易得到明确的结论，应用比较广泛。其缺点是，不能研究不同因素之间的相互作用。

2. 复因素试验 在同一试验中研究两个或两个以上因素的称为复因素试验，或称多因素试验。在复因素试验中，试验的各个因素都设有若干个水平，各因素的不同水平相互组

合，组成了水平组合。例如，小麦品种、密度和追肥的三因素试验，品种有甲、乙 2 个水平，密度有每亩 10 万株、15 万株、20 万株 3 个水平，追肥有每亩追施硝酸铵 20 斤、40 斤 2 个水平，便组成 $2 \times 3 \times 2 = 12$ 个水平组合。

品种	甲						乙					
密度(万株/亩)	10		15		20		10		15		20	
追肥(斤/亩)	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40
水平组合编号	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)

复因素试验的水平组合是试验因素的不同措施，所以复因素试验的处理是指试验因素的水平组合。

因为影响作物生长和发育的因素往往相互发生作用，进行复因素试验不仅可以同时比较几个因素不同水平的优劣，还能了解不同因素间的相互关系，找出最优的水平组合。例如，进行品种比较的单因素试验，只能了解在这一试验条件下各个品种的表现，这样的试验结果往往是不全面的，因为各个品种对不同水平的密度和肥料等因素的反应是不相同的，有的适合密植，有的需要稀植；有的喜肥水，有的耐瘠薄，进行复因素试验能够掌握因素间的相互关系，得到比较全面的试验结果。但复因素试验的处理数较多，工作量较大，各个因素的水平数一般只有 2—3 个，以免试验搞得过于复杂，这也影响对单个因素的深入研究，在田间试验中不如单因素试验应用广泛。

3. 综合性试验 是指在较大的面积上，综合运用各种丰产技术措施，以探索农作物的增产潜力，研究出高产、稳产、低成本的丰产技术。我国农村各地种植的高产田有些就属于这种试验。

为使综合性试验获得成功，应在对起主导作用的一些因素及其相互作用已经基本清楚的基础上，以当地的生产经验和科研成果为指导，才容易设计出适宜的综合丰产技术。这种试验一般只有一个处理，与当地常规的栽培方法进行大区比较，必要时也可设计几个处理，通过试验，从中选出最优处理。

这种试验简而易行，各地都可吸取当地和外地的丰产经验和科研成果，设计出适合当地应用的丰产技术，这对推广丰产经验，提高作物产量，是一种迅速有效的方法。但这种试验一般只有一个处理，从试验结果难以分析哪些措施是适宜的，哪些措施需要如何改进。

二、根据试验内容的不同分类 根据试验内容的不同，主要分以下几种。

1. **品种试验** 对农作物新品种和外地引入的品种与当地的栽培品种进行鉴定比较，从中选出适合当地种植的新品种。农作物育种工作的各项试验也属于品种试验。

2. **栽培试验** 是研究作物丰产栽培技术的试验。如作物的播期、密度、施肥、灌溉、耕作等方面的试验。通过试验，探索作物新的增产技术。

3. **病虫害防治试验** 研究农作物病虫害的发生规律和防治措施等方面的试验。

三、根据试验小区面积的大小分类 根据试验小区面积的大小，可分为小区试验和大区试验。

1. **小区试验** 小区面积几平方米到几十平方米甚至一、二百平方米的试验都属于小区试验。小区面积小，能减少整个试验地的面积，容易做到选择肥力均匀的地块进行试验和

精细管理，并便于增加试验小区的重复次数，以提高试验的精确性。所以一般的田间试验多属小区试验。但小区试验由于面积比较小，与大田的生产条件相差比较大，试验结果往往不能确切地反映各种处理在生产条件下的表现。

2. 大区试验 小区面积达到半亩以上的试验一般属于大区试验。大区试验的土壤和栽培管理条件接近于大田，试验结果能够较好地反映处理在生产上的表现。但由于小区面积较大，不能设置重复和精细管理，不宜在处理数比较多、精确性要求高的试验中采用，一般多在经过初步试验，已经明确了优良的处理以后，进一步在生产条件下进行的生产示范性试验时采用。

此外，还可以根据试验年限的长短分为一年试验和多年试验；根据试验地点的多少分为一点试验和多点试验等。

第三节 田间试验的基本要求

田间试验研究的对象是农作物，农作物的生长和发育与环境条件有着密切的关系，同一试验在不同的环境条件下进行，可能得到不同的试验结果；试验地的土壤和栽培条件不一致也容易使试验结果不能真实地反映不同处理的效应，因而造成了田间试验的复杂性。为了使试验结果能够反映客观规律，并在发展农业生产上发挥作用，进行田间试验必须遵循以下三个基本要求。

1. 试验的代表性 是指试验地的气候、土壤以及耕作栽培技术等条件，要能够代表将来准备推广试验结果地区的一般情况。否则，试验成果在生产上应用后，往往会出现与试

验时不同的结果。如进行品种比较试验时，如果试验地的土壤肥力过高地超过了生产田的一般水平，表现丰产的往往是一些喜肥喜水的品种，但这些品种在生产上不一定比适应性强的品种产量高而稳定。

试验的代表性既要根据当前的农业生产情况，也应考虑将来农业生产的发展，使试验结果既符合当前的农业生产水平，又能适应将来农业技术的发展。因此，田间试验一般应采用本地区比较先进的农业技术。

2. 试验的精确性 是指田间试验的误差比较小，试验结果精确性高。因此，在试验过程中要尽量减少误差，但要完全避免也是不可能的。例如，进行品种比较试验的主要目的，是比较参加试验品种丰产性能的高低，但试验小区间土壤肥力和田间作业等条件的不一致，必然会影响小区的产量，使试验结果不能精确地反映品种间在丰产性上的差异，而试验地的土壤肥力和田间作业又不可能完全均匀一致。为了提高试验的精确性，田间试验的不同小区除试验因素的处理不同外，土壤肥力和栽培管理等条件应力求一致，把试验误差降低到最小的程度。

3. 试验的重演性 是指在相似的条件下重复进行同一试验，可以得到类似的结果。这在农业生产上推广试验成果具有重要的意义，使经过试验表现增产的处理，在生产上推广应用后，能够得到预期的增产效果。由于不同年份的气候条件、栽培条件以及病虫害发生等情况不可能相同，为了使试验结果具有重演性，同一试验要重复进行两、三年。如果试验的结果要在其他地区应用，还需要在不同地区进行多点试验，这样才能得到比较全面的试验结果。

第四节 试验误差的来源及其控制的途径

一、试验误差的概念 田间试验的各个试验小区只有在除处理不同外，其他因素完全一致的情况下，处理的效应才能得到真实的反映。但由于人们难以控制各种因素的绝对一致，这样就使试验所得的观察值，其中既包含处理的效应，又包含其他因素不一致的偶然影响，这种使观察值不能真实地反映处理效应的偶然影响称为试验误差。试验误差影响了试验的精确性，因而田间试验必须十分重视降低试验误差。

二、试验误差的来源 在田间试验中，产生试验误差的来源是多方面的，一般可分为以下四个方面。

1. **试验材料的不一致** 是指各个处理播种的种子，在品种纯度、种子大小等方面不一致，或者移植的秧苗在大小和壮弱上存在差异。这种差异必然要影响作物的生育和产量，产生试验误差。

2. **土壤差异** 试验地土壤肥力的不一致，是产生试验误差的主要来源，同时也难以克服。因为土壤肥力绝对均匀一致的地块是没有的，而土壤肥力对作物生育的影响又比较大。

3. **田间作业质量不一致** 也是形成试验误差的重要来源。如整地、播种、施肥、中耕除草等作业，尽管不同小区要求质量一致，但实际上是难以实现完全一致的。

4. **其他因素** 如病菌和害虫对各个小区的侵袭并不均匀，鸟兽和畜禽的危害也不一致等。

以上各种因素所产生的试验误差，要想完全避免虽然是