

蚕桑试验设计 及统计方法

刘权 编著
陆星恒

蚕桑试验设计及统计方法

刘 权 陆星垣 编著

上海科学技术出版社

蚕桑试验设计及统计方法

刘 权 陆星垣 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 祝桥 新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 17.25 字数 384,000

1987年8月第1版 1987年8月第1次印刷

印数: 1—2,500

统一书号: 16119·920 定价: 3.50元

前 言

自 1977 年全国高等院校实行统一招生以后,新的教学计划将《蚕桑试验设计及统计方法》这门课定为蚕桑专业的专业基础课,但是它既无统一的教学大纲,更无统一的试用教材,因此本书大部分内容是为我校蚕桑专业同学学习《蚕桑试验设计及统计方法》这门课而编写的教材。

试验设计与统计方法近年来发展很快,因此新增加了回归正交设计一章,其他在统计方法上力求与农科各专业的试用教材平衡。

在本书编写中得到浙江省农业科学院蚕桑研究所副研究员蒋猷龙同志的帮助和鼓励;该所沈以沧同志协助搜集部分章节的资料和计算工作;我校蚕桑系的许多同志还提供了有关试验的原始资料。在初稿编写中还得到沈阳农学院赵仁铭教授的热心指导和冯蕴华、顾源生同志的帮助;中国农业科学院蚕业研究所、浙江省嘉兴地区蚕桑科学研究所、西南广西农学院蚕桑专业对初稿都提出了宝贵意见,在此一并表示感谢!

由于水平有限,定有不少谬误之处,恳切希望读者提出批评指正。

编者于浙江农业大学

1985 年 9 月

目 录

第一章 蚕桑试验的基本概念	1
第一节 蚕桑试验任务和要求	1
一、蚕桑试验的任务	1
二、蚕桑试验的要求	2
第二节 试验计划和试验方案的拟订	4
一、试验计划的拟订	4
二、试验方案的拟订	7
第三节 蚕桑试验研究的特点及方法	16
一、蚕桑试验研究的特点	16
二、蚕桑试验研究的方法	17
第四节 试验误差及其控制途径	19
一、误差的概念	19
二、误差的来源	19
三、控制误差的途径	20
四、试验田的选择	22
第二章 蚕桑试验设计	24
第一节 试验设计的原则	25
一、重复	25
二、随机排列	27
三、局部控制	28
第二节 试验小区设置的技术	30
一、试验小区	30
二、重复数	35

三、对照区	36
四、保护行	37
第三节 常用的试验设计	38
一、顺序排列的试验设计	39
(一)对比法	39
(二)多次重复法	40
二、随机排列的试验设计	41
(一)完全随机设计	41
(二)随机区组设计	42
(三)拉丁方设计	43
(四)裂区设计	47
(五)平衡不完全区组设计	48
第四节 观察记载和取样技术	51
一、观察记载的重要性	51
二、观察记载的基本内容	53
三、试验中的取样技术	54
第三章 试验结果的资料整理	61
第一节 总体与样本的概念	61
第二节 次数分布	62
一、试验资料的性质	62
二、次数分布表及其制作	64
三、次数分布图及其制作	68
第三节 平均数	71
一、平均数的意义及种类	71
二、算术平均数的计算方法	72
三、算术平均数的二个重要性质	76
四、总体平均数的计算	77
第四节 变异数	78
一、极差	78

二、方差	79
三、标准差	80
四、变异系数	87
第四章 统计假设测验	91
第一节 概率及二项式分布	91
一、统计概率的概念	91
二、概率——频率的稳定性	92
三、二项式分布	94
第二节 正态分布	98
一、二项式分布的极限——正态分布方程	98
二、正态分布曲线的特性	101
三、正态分布曲线区间(面积)或概率的计算	102
第三节 统计假设检验原理	106
一、建立无效假说	107
二、计算超过实得差异的概率	107
三、确定显著水准	108
四、显著性测验的步骤	110
第四节 样本平均数的抽样分布	111
第五节 t 分布	114
一、 t 分布的概念	115
二、 t 分布的特点	116
三、单个样本平均数的假设测验	118
第六节 两个样本平均数相比较的假设测验	119
一、成组数据的平均数比较	119
二、成对数据的平均数比较	123
第七节 百分数的假设测验	126
一、单个样本百分数(成数)的假设测验	127
二、两个样本百分数相比较的假设测验	128
第八节 参数区间估计——平均数的置信限	130

第五章 方差分析(一)	136
第一节 方差分析的基本概念	137
第二节 方差分析的一般原理	138
一、平方和与自由度的分解	138
二、 F 分布及 F 测验	143
三、多重比较	146
第三节 单向(方面)分组资料方差分析	155
一、组内观察值数目相等的资料方差分析	155
二、组内观察值数目不相等的资料方差分析	160
第四节 两向(方面)分组资料方差分析	164
一、组内只有单个观察值的两向分组资料的方差分析	165
二、组内设有重复观察值的两向分组资料的方差分析	169
第五节 随机区组试验设计的结果分析	174
第六节 拉丁方试验设计的结果分析	182
第七节 平衡不完全区组设计的结果分析	187
第八节 对比、间比法设计结果分析	191
一、对比法设计结果分析	191
二、间比法设计结果分析	192
第六章 方差分析(二)——复因素试验结果分析(I)	196
第一节 复因素随机区组试验结果分析	196
一、二因素随机区组试验结果分析	196
二、三因素随机区组设计试验结果分析	204
第二节 裂区试验设计结果分析	205
一、裂区试验结果分析	205
二、多年多处理试验结果分析	215
三、各种二裂式裂区试验设计分析	225
四、再裂区试验结果统计分析	228
五、裂区试验缺区补救法	230
第三节 多年、多点、多处理试验结果分析	230

一、多年、多品种、多处理试验结果分析·····	230
二、多年、多点、多品种试验结果分析·····	239
第四节 方差分析中的数据转换·····	243
一、百分率的转换·····	243
二、平方根转换·····	245
三、对数转换·····	247
第七章 正交试验设计及分析——复因素试验结果	
分析(II)·····	250
第一节 正交试验的意义·····	250
第二节 正交表的基本性质及其依据·····	252
一、正交表的通式·····	252
二、正交表的种类·····	256
三、正交表的基本性质·····	256
四、正交表的交互表·····	257
五、正交试验设计的依据·····	258
第三节 应用正交表进行正交试验设计·····	263
一、确定因素和每个因素水平数·····	263
二、选用适合的正交表·····	263
三、进行表头设计和确定试验方案·····	264
四、确定重复次数和进行田间(或室内)排列·····	265
五、应用正交表进行田间混杂设计·····	266
第四节 正交试验结果分析·····	267
一、直观分析法·····	267
二、方差分析法·····	272
第五节 正交试验应注意的问题·····	289
一、表头设计时互作问题·····	289
二、设重复问题·····	290
三、处理组合数与田间排列问题·····	290
四、方差分析时问题·····	291

五、关于追加问题	291
第八章 简单相关与直线回归	292
第一节 相关与回归的意义	293
一、意义	293
二、应注意的问题	294
第二节 相关关系	295
一、相关关系分类	295
二、相关系数	296
三、相关系数的计算	301
第三节 相关关系的显著性测验	310
一、相关关系的显著性测验	310
二、相关系数的显著性测验	312
三、两个相关系数比较时的测验	313
第四节 直线回归	316
一、回归的意义及类别	316
二、直线回归方程式导源	318
三、回归方程计算及回归直线的绘制	320
第五节 回归方程式估测的标准误	324
第六节 直线回归的显著性测验	329
一、回归关系的显著性测验	329
二、回归系数的显著性测验	330
三、两个回归系数比较时的显著性测验	331
四、相关系数 r 和回归系数 b 的关系	333
第九章 复相关与复回归	339
第一节 偏回归	339
一、偏回归的概念	339
二、多元线性回归分析方法	340
三、偏回归系数的计算	342
第二节 多元线性回归关系及偏回归系数显著性测验	346

第三节 偏相关	350
一、偏相关的概念	350
二、偏相关系数的计算	351
三、偏相关系数的显著性测验	354
第四节 复相关	355
一、复相关的概念及复相关系数的计算	355
二、复相关系数显著性测验	359
第五节 通径分析	359
一、通径分析的原理	359
二、通径联立方程组的建立及通径关系图	363
三、应用举例	367
第十章 协方差分析	375
第一节 协方差分析的功用	375
第二节 协方差分析的原理及方法	376
第三节 协方差分析实例	381
第十一章 曲线回归	388
第一节 曲线回归的主要类型	389
一、多项式曲线	389
二、指数、对数曲线	390
三、其他曲线	393
第二节 多项式配合法	394
第三节 指数、对数配合(及其直线化)	397
第四节 其他曲线的配合	403
一、Logistic 生长曲线	403
二、概率单位回归	407
第十二章 回归正交设计及其应用	418
第一节 一次回归正交设计及其应用	418
一、确定因素的变化范围	419
二、对每个因素 Z_j 的水平进行编码	420
三、选用适当的二水平正交表	422
四、回归系数的计算与统计检验	423

第二节 二次回归正交设计及其应用	429
第十三章 卡平方(χ^2)测验	448
第一节 卡平方的意义、分布和测验	448
一、意义与公式	448
二、 χ^2 分布及显著性测验	450
三、卡平方(χ^2)的连续性矫正	452
第二节 适合性测验	453
第三节 独立性测验	456
一、 2×2 表的独立性测验	457
二、 $2 \times c$ 表的独立性测验	459
三、 $r \times c$ 表的独立性测验	460
附表	463
一、随机数字表	463
二、平衡不完全区组设计的参数表	466
三、平衡不完全区组设计表	468
四、累积正态分布 $F_N(X)$ 值表	492
五、正态离差 u 值表(两尾)	496
六、学生氏 t 值表(两尾)	497
七、 F 值(一尾)表 5% (上)和 1% (下)	498
八、Duncan's 新复极差测验 5% 及 1% $S.S.R$ 值表	510
九、5%、1% Q 值表(两尾)	514
十、 r 与 R 的 5% 和 1% 显著值	516
十一、 r 值与 Z 值转换表	518
十二、百分数反正弦($\sin^{-1}\sqrt{x}$)转换表	520
十三、正交表	523
十四、 χ^2 值表(一尾)	533
十五、百分率和概率单位(P)转换表	535
十六、希腊字母表	539
主要参考文献	539

第一章

蚕桑试验的基本概念

第一节 蚕桑试验任务和要求

一、蚕桑试验的任务

蚕桑生产是农业生产的一部分，而且直接与工业和外贸有关。根据有关资料，我国现在对外贸易中，丝绸是第二位。所以，指导和不断推动蚕桑生产的发展，是直接为社会主义建设、为四化服务。科学试验要走在生产前面，大力开展蚕桑科学研究工作，努力改变目前研究不能适应生产发展的落后状态。

蚕桑科学研究是在人为的控制条件下进行的实践活动，它利用农业生物本身作为指示者和记录器，反映出研究的结果。蚕桑试验研究的内容很多，但是概括起来，主要包括三方面：

1. 蚕种、品种和桑品种方面的试验 这是遗传型不同的材料，在相同条件下进行的试验。

2. 桑树栽培和养蚕方法上的试验 这是遗传型相同的材料，在不同的栽培或饲养条件下进行的试验。

3. 品种和栽培或饲养相结合的试验 这是遗传型不同的材料，在不同的栽培或饲养条件下进行的试验。

桑树是在田间栽培的，所以它受环境条件的影响很大，因此桑树的一切试验研究也要在田间进行，以符合生产条件。如新品种是否比原来老品种产量更高，新技术是否比老办法更增产，最后都要回到大田生产的条件下去考验。养蚕也是一样，试验的条件与生产条件总有差别，所以一切试验的结果最后要到生产条件下去鉴定、应用、推广，发挥其增产作用。

桑树的试验除了在田间，而养蚕试验除了在室内进行外，通常各还有实验室试验、盆栽试验、温室试验等的配合，主要是控制试验的条件，如温度、湿度、光照和土壤肥力等，这些试验有助于深入研究并阐明蚕儿和桑树生长发育规律。但是这些手段毕竟只是辅助性试验，为了解决蚕桑生产中的实际问题，桑树的田间试验和养蚕的室内试验始终是占主要地位，实验室等试验只是一种重要的辅助手段，并不可代替它们。

二、蚕桑试验的要求

蚕桑试验和一切其他农业生物试验一样，即试验的环境条件要接近于生产实际情况。自然条件是多样的和多变的，它们对蚕桑试验的影响也是错综复杂的，为了取得可靠的结果，就要对试验处理以外的环境加以控制，以排除环境干扰。此外，试验本身的差异和管理条件有时造成的差别更加剧了试验的复杂性。自然界条件和桑树栽培条件与桑产量，养蚕管理条件与蚕体以后的生长发育，直至最后产量都是相互联系又相互制约的。例如提高了桑园土壤温度就影响了土壤湿度以及土壤通气状况和微生物的活动，因而使整个土壤营养状况发生了变化。同样如饲养温度发生变化，或给桑量、叶质发生改变也都影响到以后蚕儿的发育和其他一系列影响。为了保证试验有一定的质量，使试验结果准确可靠，试验设计还

必须符合以下基本要求：

(一)正确性

这里包括准确性和精确性两个方面。准确性是指在试验中每一品种或处理小区产量或所研究指标表现能接近其真值，越是接近，则试验越准确。但在一般试验中，其真值为未知数，故准确度不易确定。精确性则指试验中同一指标的重复观察值彼此接近的程度，即试验误差的大小，它是可以计算的。重复观察值越接近，表示试验误差越小，则处理间差异比较越精确。因此在进行试验的全过程中，必须尽最大努力准确地执行各项试验技术，力求避免人为的差错，特别要注意处理以外的其他试验条件的一致性，这样试验结果可靠性更大，否则无从判断造成差异的真正原因，往往导致错误的结果，并造成损失。

(二)典型性

或者称代表性，是指试验条件应该和将来准备推广的地区自然条件与农业条件基本符合，这对于决定试验结果能否在当时当地具体条件下可能利用具有重要意义。在这样典型性的基础上，新品种新技术在试验中才表现出它的价值，才能在今后生产实际中应用。与此同时，还要辩证地对待代表性问题。因为要预见形势的发展总是越来越好，所以在进行试验时，既要代表目前的条件，还要看到不久的将来被广泛采用的先进技术和装备的良好条件。所以在一些试验进行中适当地包括这些可能条件，使试验结果既能符合当前需要，又不落后于近期内生产发展的要求。

(三)重复性

是指在相似的条件下进行相同的试验能获得类似的结果，这对于在蚕桑生产实践上推广科研成果有重要意义。蚕

桑科学试验受复杂的自然环境条件的影响,不同地区、不同年份进行相同试验,往往结果不同,即使在一定条件下,试验结果有时也会有出入。为了保证试验重演性,必须严格注意一系列环节。首先要求正确执行试验计划以保证其正确性和试验条件的代表性。在这个基础上,还要了解和掌握所试验的农业生物发育过程中的各项环境条件,详细观察并精确地记载它们的生长发育的情况,搞好试验档案,研究并确定其中的关系。

此外,还要考虑季节的特点,将试验重复2~3或3~5年。例如进行品种的区域试验,就是要进行3~5年的多点试验,以期获得该品种在不同季节、不同气候条件下和不同地区的表现情况,从而增加重演性的可能性,使品种在推广后能和原来的试验结果一致,取得预期结果。

第二节 试验计划和试验方案的拟订

一、试验计划的拟订

制订计划前应先选定课题。试验课题的选定是根据党和国家提出的任务和当前生产中存在的急待解决的问题,并结合本单位现有人力、物力等条件而确定,要做到统筹兼顾、全面安排。各级研究机构和生产单位,对应用研究和理论研究要有所分工和有所侧重。课题确定后要通过调查研究、搜集资料和查阅文献来掌握动向,了解本课题国内外研究水平和本课题的价值,作好理论上准备。并请有关专家进行论证。课题确定后再着手拟订试验计划。

为了使所进行的试验研究工作有计划、有目的地顺利开展,在试验前必须详细地拟订出一个较全面的试验计划,以明

确试验目的、要求、内容、方法、预期效果和开展本试验中所需要的各种条件，便于计划批准后检查执行情况和保证试验任务的完成。

制订试验计划书时，在内容上既要全面具体，又要突出重点。制订试验方案是试验计划中的主要工作。试验方案要包括所要求比较的全部处理，如果处理级别不够恰当，或过于复杂，难以分析解释，即使计划执行得再好，也不能完成试验所提出的任务。试验设计(这里是指处理的项目、处理小区的大小、排列和重复次数等)是试验研究的重要环节。良好的试验设计具有较高的试验效率，对处理效应能进行无偏估计以及能估计试验误差，从而能够进行正确而有效的比较。试验指标是用以衡量试验处理效果的指示性状，要合理地选用和选择，过简会影响对试验结果的全面评价，过繁则增加了许多不必要的工作量。所以要分清主次，反映试验处理的试验指标最主要的是产量及其构成因素，还有许多质量性状以及其他有关性状，如桑树发芽率，发条数、有效条数、条长、节间密度及各物候期、抗逆性等，在养蚕方面如用桑量、各龄发育时间以及公斤熟蚕头数、公斤茧颗数、茧质和四龄起蚕结茧率、死笼率、药剂防治效果等，总之要根据试验要求拟订各个调查项目和试验进行的条件，如桑园的面积、蚕室面积(直到上簇为止)、生理生化分析测定仪器设备和条件等。总之，试验方案、试验设计和试验指标是试验计划书的重要内容，必须慎重拟订。

试验计划任务书必须妥为保存，并复写数份，除上报外还要留底，以防万一遗失造成不应有的损失。计划经上级批准后就必须严格执行，不得随意修改。计划中有关项目在执行中要详细地及时记录，不能事后回忆。这些记录和表格都是原始材料，应和计划书一起保管，它们对下阶段试验和总结具