

教育部财政部首批特色专业建设项目资助  
热带园艺专业特色教材系列

# 热带园艺植物研究法

RED AI YUANYI ZHIWU YANJIU FA

周开兵 李新国 主编 李绍鹏 主审



中国建筑工业出版社

教育部财政部首批特色专业建设项目资助  
热带园艺专业特色教材系列

# 热带园艺植物研究法

|     |     |
|-----|-----|
| 周开兵 | 主 编 |
| 李新国 |     |
| 李绍鹏 | 主 审 |

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

热带园艺植物研究法/周开兵, 李新国主编. —北京:  
中国建筑工业出版社, 2013. 3  
ISBN 978-7-112-15083-0

I. 热… II. ①周… ②李… III. ①热带作物-园林  
植物-研究方法 IV. ①S68-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 016579 号

本书以热带园艺植物为对象, 阐述其研究方法和研究性思维。全书包括绪论、正文(共十三章)和附录。绪论概述了热带园艺植物科学研究的意义与任务、发展过程、现状与趋势以及课程性质、内容特点与教学要求; 正文第一章至第三章阐述热带园艺植物学科项目的申报、试验设计、数据处理和科研总结等业务技能, 并配套技能实训练习题, 第四章至第十三章主要阐述热带园艺植物生物学特性、栽培生理等理论和生产技术创新研究方法, 并配套以师生互动探究为教学方式的案例分析内容; 附录设置了四个实训案例。本书由海南大学、中国热带农业科学院、华侨大学、西南科技大学、广东海洋大学和广东省农业科学院等单位的专家共同编写, 内容翔实, 理论联系实际, 综合国内外先进成果, 对热带园艺学教学和科研具有指导意义。每章后有习题和参考文献, 可供读者学习时参考。本书不仅可作为我国热带、南亚热带地区高等农林院校园艺类专业教学用书, 也可作为其他地区高校园艺类专业学生学习参考书和广大园艺学科科研工作者的参考工具书。

责任编辑: 郑淮兵 杜一鸣

责任设计: 董建平

责任校对: 陈晶晶 刘 钰

教育部财政部首批特色专业建设项目资助

热带园艺专业特色教材系列

## 热带园艺植物研究法

周开兵 主 编

李新国

李绍鹏 主 审

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京富生印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19½ 字数: 473 千字

2013 年 4 月第一版 2013 年 4 月第一次印刷

定价: 42.00 元

ISBN 978-7-112-15083-0

(23126)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

## 编委会成员名单

**主编：**周开兵（海南大学）

李新国（海南大学）

**编委：**成善汉（海南大学）

从心黎（海南大学）

董 涛（广东省农业科学院）

贾文君（海南大学）

黄仁华（西南科技大学）

李茂富（海南大学）

李 雯（海南大学）

李映志（广东海洋大学）

乔 飞（中国热带农业科学院）

宋希强（海南大学）

王 健（海南大学）

王明元（华侨大学）

**主审：**李绍鹏（海南大学）

# 前言

我国热带地区包括海南全省、广东省雷州半岛、云南省西双版纳州和红河州南部、台湾省南部等，占国土面积的 0.91%；南亚热带地区包括云南、广西、广东、福建等省区南部和台湾省北部，还包括云南省北部干热河谷地区和四川、贵州两省南部地区，占国土面积的 3.80%；热带、南亚热带地区共占国土总面积的 4.71%。在我国热带、南亚热带地区生长的园艺植物，统称为热带园艺植物。尽管热带园艺植物种植面积小、总产量相比较我国其他园艺植物也低得多，但其特色和优势明显，是我国园艺产品中的稀有、优良类型，是市场需要的重要补充，是重要的出口园艺产品，也是热区农村经济收入支柱。热带园艺植物种类繁多，遗传多样性丰富，经济价值极高和开发利用潜力巨大。热带水果具有重要的食用营养和医疗保健价值，热带冬季反季节蔬菜是我国广大地区冬季新鲜蔬菜来源，热带观赏植物具有极强的“异域情调”，其中的一些具有神秘的药用价值（南药），因而，近年来引起政府、学者、业主和广大消费者的重视。

随着热带园艺产业的发展，越来越多的热带园艺植物被开发利用，同时大量引进世界其他热带地区的园艺植物种质资源，使得我国热带园艺植物产业迅猛发展。伴随热带园艺产业的发展，新课题层出不穷，必须开展攻关研究。因此，我们在热带园艺专业本科人才培养中，必须加强学生的科研能力培养，需要一部与时俱进，适应当今科技和产业发展形势的教材，本书正是针对这一社会迫切需要而组织编写的。

在 1998 年以前，园艺专业常细分为果树、蔬菜、观赏植物和茶学等专业，随着高等教育和高校人才培养模式改革，以培养“大专业、宽口径”为目标，人才培养方案、课程和教材调整是必然的。园艺专业课在调整初期主要是在原细分的专业课基础上拼凑，随着改革过程中的不断摸索，人们开始探讨园艺专业课程应包含哪些核心理论与核心技能，科学合理的专业课教材应以核心理论和核心技能为主线，兼顾科研、产业和文化发展动态，有助于培养高素质、创新能力强、适应性强、专业技能过硬的热带园艺本科人才。因此，本书的编写以强调坚持探索和尽量体现热带园艺专业核心理论与核心技能为编写宗旨，要求教材内容体现园艺文化和实现产科教统一。经过本书编写组努力，终于完成我国第一部热带园艺学科的研究方法和研究性思维特色教材《热带园艺植物研究法》。

本书的编写得到教育部和财政部“2007 年度第一批第二类高等学校特色专业建设点”（园艺专业，TS2343）建设项目和国家自然科学基金项目（31160383，31260462）的资助。感谢中国建筑工业出版社给予本书出版发行机会！感谢郑淮兵主任在本书编写定稿过程中给予我们的指导！

由于水平所限，加之时间仓促，书中不尽完美之处多多，请广大读者和各界同仁批评指正！

编者

2011 年 10 月 5 日

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 绪论 .....                     | 1  |
| 第一节 热带园艺植物科学研究的意义与任务 .....   | 1  |
| 第二节 热带园艺植物科学发展过程、现状与趋势 ..... | 2  |
| 第三节 本课程性质、内容特点与教学要求 .....    | 3  |
| 第一章 科研课题申报 .....             | 4  |
| 第一节 热带园艺植物科学研究特点和基本方法 .....  | 4  |
| 第二节 热带园艺植物的科研选题 .....        | 11 |
| 第三节 热带园艺植物科研课题及其申请书写作 .....  | 15 |
| 习题 .....                     | 25 |
| 参考文献 .....                   | 25 |
| 第二章 试验设计与数据统计分析方法要点 .....    | 26 |
| 第一节 试验设计的基本概念与原则 .....       | 26 |
| 第二节 常用试验设计方法 .....           | 29 |
| 第三节 统计假设检验 .....             | 32 |
| 第四节 方差分析 .....               | 39 |
| 第五节 线性回归与相关分析 .....          | 46 |
| 第六节 卡平方测验 .....              | 50 |
| 习题 .....                     | 52 |
| 参考文献 .....                   | 53 |
| 第三章 园艺植物科学研究总结 .....         | 54 |
| 第一节 数据资料的整理与统计分析 .....       | 54 |
| 第二节 科研报告的撰写 .....            | 59 |
| 第三节 热带园艺植物试验设计与科研成果评价 .....  | 64 |
| 第四节 热带园艺植物科研成果的档案管理与转化 ..... | 66 |
| 习题 .....                     | 68 |
| 参考文献 .....                   | 69 |
| 第四章 热带园艺植物生物学特性的研究 .....     | 70 |
| 第一节 根系研究 .....               | 70 |
| 第二节 叶片研究 .....               | 80 |
| 第三节 枝蔓研究 .....               | 87 |
| 第四节 花的研究 .....               | 89 |
| 第五节 果实研究 .....               | 96 |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 第六节 园艺植物个体与群体研究 .....           | 101        |
| 习题 .....                        | 108        |
| 参考文献 .....                      | 110        |
| <b>第五章 热带园艺植物种质资源的研究 .....</b>  | <b>112</b> |
| 第一节 种质资源的考察、收集与引种 .....         | 112        |
| 第二节 种质资源的描述、评价与鉴定 .....         | 115        |
| 第三节 种质资源保存 .....                | 119        |
| 第四节 种质资源创新与利用 .....             | 126        |
| 第五节 案例分析——荔枝种质资源研究 .....        | 128        |
| 习题 .....                        | 131        |
| 参考文献 .....                      | 131        |
| <b>第六章 热带园艺产品质量的研究 .....</b>    | <b>132</b> |
| 第一节 热带园艺产品品质 .....              | 132        |
| 第二节 热带园艺产品的品质鉴定方法 .....         | 139        |
| 第三节 影响热带园艺产品品质的生态因子研究 .....     | 148        |
| 第四节 热带园艺产品品质标准的制订 .....         | 152        |
| 习题 .....                        | 167        |
| 参考文献 .....                      | 167        |
| <b>第七章 热带园艺植物抗逆性的研究 .....</b>   | <b>169</b> |
| 第一节 热带园艺植物逆境伤害类型分析 .....        | 170        |
| 第二节 热带园艺植物抗逆的机理研究 .....         | 174        |
| 第三节 热带园艺植物抗逆性的研究方法 .....        | 179        |
| 第四节 提高园艺植物抗逆性的措施的研究 .....       | 184        |
| 习题 .....                        | 184        |
| 参考文献 .....                      | 184        |
| <b>第八章 激素及化学调节技术的研究 .....</b>   | <b>185</b> |
| 第一节 植物激素及测定方法 .....             | 185        |
| 第二节 生长调节剂及研究方法 .....            | 192        |
| 第三节 化学保果案例分析 .....              | 195        |
| 习题 .....                        | 197        |
| 参考文献 .....                      | 197        |
| <b>第九章 热带园艺植物土肥水管理的研究 .....</b> | <b>198</b> |
| 第一节 热带园艺植物土壤管理的研究 .....         | 198        |
| 第二节 热带园艺植物水分管理研究 .....          | 207        |
| 第三节 肥料试验研究 .....                | 215        |
| 第四节 植物营养诊断 .....                | 222        |
| 习题 .....                        | 226        |
| 参考文献 .....                      | 226        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>第十章 整形修剪的研究</b>        | 227 |
| 第一节 整形修剪试验设计方法            | 227 |
| 第二节 整形修剪技术效果指标观测与评价方法     | 228 |
| 第三节 整形修剪研究案例分析            | 232 |
| 习题                        | 234 |
| 参考文献                      | 234 |
| <b>第十一章 砧木的研究</b>         | 235 |
| 第一节 砧木选择                  | 235 |
| 第二节 砧木比较                  | 238 |
| 第三节 繁殖特性研究                | 242 |
| 第四节 砧木生长力鉴定               | 243 |
| 第五节 砧穗互作的研究               | 245 |
| 第六节 案例分析——紫花芒砧木比较试验       | 249 |
| 习题                        | 250 |
| 参考文献                      | 250 |
| <b>第十二章 热带园艺产品贮藏保鲜的研究</b> | 253 |
| 第一节 热带园艺产品贮藏保鲜研究概述        | 253 |
| 第二节 热带园艺产品贮藏品质的影响因素试验     | 254 |
| 第三节 热带园艺产品贮藏保鲜预处理效果试验     | 258 |
| 第四节 果蔬产品的催熟试验             | 261 |
| 第五节 热带园艺产品贮藏技术试验          | 262 |
| 第六节 番木瓜果实贮藏保鲜技术试验案例分析     | 263 |
| 习题                        | 264 |
| 参考文献                      | 264 |
| <b>第十三章 热带园艺植物生物技术的研究</b> | 266 |
| 第一节 热带园艺植物组织培养技术          | 266 |
| 第二节 香蕉试管苗培育技术试验案例分析       | 273 |
| 第三节 原生质体培养及融合技术试验         | 278 |
| 第四节 柑橘原生质体培养及融合案例分析       | 285 |
| 第五节 园艺植物转基因技术试验           | 290 |
| 第六节 番木瓜农杆菌介导转基因技术试验案例分析   | 293 |
| 习题                        | 297 |
| 参考文献                      | 297 |
| <b>附录</b>                 | 299 |
| 实训一 热带园艺植物研究计划书的拟订        | 299 |
| 实训二 科研论文编写分析与评价           | 300 |
| 实训三 6SQ 软件应用              | 300 |
| 实训四 SAS 软件应用              | 302 |

# 绪 论

广义的热带园艺植物是指在我国热带和南亚热带地区能够正常生长发育的园艺植物。包括分布于我国其他气候带地区而能在热带、南亚热带地区正常生长发育的植物如柑橘和瓜类蔬菜等，尽管这类植物不是热带、南亚热带地区特有的，但是，在热带、南亚热带地区生长发育上具有不同于在其他气候带地区的表现，如柑橘在热带地区栽培常在着色前就具备优良的风味；瓜类蔬菜在热带地区可冬季高效生产而具有市场调节优势。

狭义的热带园艺植物指只能在我国热带、南亚热带地区正常生长发育的园艺植物。如香蕉、荔枝、龙眼、四棱豆、酸豆、花烛和热带兰等，这些植物北移后在自然条件下常因为低温、干燥等而无法正常工作发育。

研究热带园艺植物生长发育规律和栽培、育种技术的应用学科，就是热带园艺植物学。我国热带园艺植物种质资源丰富，遗传多样性复杂，不同热带园艺植物的生物学特性和生命规律均需不断研究，才能合理开发利用热带园艺植物资源。我国热带地区光照充足、热量资源丰富，降水量大，水、热资源却又分布不均；存在热带风暴和台风危害；土壤类型多样化；病虫害易发生。我国南亚热带地区种植热带园艺植物存在热量资源不足和寒害的隐患。如何发挥这种环境条件的优势，避免其不足引起热带园艺植物减产和品质变劣，均是值得研究的问题。因此，在建设创新型国家中，只有学会热带园艺科学的研究方法和研究性思维，才能更好地为热带农业生产和经济建设服务。

## 第一节 热带园艺植物科学研究的意义与任务

热带园艺事业近年来发展飞快，以我国最大的热区海南省为例，表 0-1 的数据可以说明确热带园艺事业在热带地区和我国农业中的作用与地位日趋突出。

海南省 2006~2008 年果菜生产概况 (万 t)

表 0-1

|      | 2006 年 |         | 2007 年 |         | 2008 年 |         |
|------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
|      | 绝对产量   | 比上一年增长% | 绝对产量   | 比上一年增长% | 绝对产量   | 比上一年增长% |
| 瓜菜   | 400.39 | 10.2    | 414.65 | 4.4     | 456.54 | 5.6     |
| 全部水果 | 187.85 | 15.6    | 221.76 | 18.1    | 247.87 | 6.2     |
| 香蕉   | 108.63 | 19.0    | 134.25 | 23.6    | 151.62 | 6.6     |
| 芒果   | 26.24  | 17.8    | 28.91  | 10.2    | 30.55  | 5       |
| 菠萝   | 21.14  | 4.3     | 22.29  | 5.5     | 28.11  | 20.3    |
| 荔枝   | 8.85   | 25.9    | 10.33  | 16.7    | 9.08   | -13.1   |
| 龙眼   | 2.03   | 29.4    | 2.57   | 26.6    | 2.97   | 11.5    |
| 柑橘橙  | 2.66   | 34.9    | 3.12   | 17.3    | 3.94   | 30.7    |
| 石榴   | 5.94   | -5.6    | 6.63   | 11.6    | 7.02   | 5.2     |

注：各种果树不同年度产量数据摘自《海南省热带作物统计年鉴》。

海南热带果菜近三年的产量在总体上表现平稳增长趋势，少数种类的果树产量不稳定，出现负增长，但其他果树表现为大幅增长，导致整个果业总产量呈增长态势，实质是资源在果业内部接受市场调整。这说明热带果树和蔬菜在农村经济和农业产业中的重要性日趋突出。

从海南热带花卉角度看，花卉业是正在兴起的产业，被海南省政府确定为解决海南三农问题的新途径之一。海南省统计局的 2009 年统计数据显示，本年度上半年全省花卉种植面积达 1866.7hm<sup>2</sup>，比上一年度同期增长 7.9%，同比增速提高了 7.19 个百分点；全省上一年度秋冬种植花卉面积 593.3hm<sup>2</sup>，同比增长 12.81%；本年度夏种花卉面积 593.3hm<sup>2</sup>，同比增长 21.25%。海南花卉种植主要以兰花、金钱树为主。金钱树主要销往北京、上海、广州、香港、澳门、日本、新加坡、韩国、马来西亚等国内外市场，兰花主要销往新加坡、北京、上海、深圳、成都等花市。花卉种植主要集中在三亚、乐东、五指山、东方等市县，其中乐东等三市县为国家级贫困地区。

可见，我国热带园艺事业在发展和兴起当中。科技是第一生产力，在产业发展中应发挥科技的推动和保障作用。因此，必须加强热带园艺植物的研究，必须通过学习本门课程来促使大量的专业人才掌握科研技能。

我国园艺科学研究相对于发达国家起步晚，热带园艺科研则起步更晚，因此，与发达国家相比，在科研水平上有一定差距。由于地处热带地区的国家均属欠发达国家，随着我国科技事业的突飞猛进，我国热带园艺科研水平在东南亚等热带地区颇具优势。因此，我们应发挥区位优势，迎头赶超发达国家，促进我国热带园艺事业的发展，在国际科技和市场竞争中大获全胜。

## 第二节 热带园艺植物科学发展过程、现状与趋势

热带园艺植物科学是从园艺植物学中分离出来的分支学科，前者遵从后者的一般原理和基本技术，结合热带园艺植物及其生长环境的特殊性，而逐渐形成为独立的学科分支。独立的过程实质上就是热带园艺事业的兴起和发展过程。

在我国园艺学建立之初，热带果树中主要是香蕉、荔枝、龙眼、芒果和番木瓜等少数种类果树开展研究并产业化。随着对热带植物资源的调查、研究和开发利用，同时从国外引进大量的热带果树种类，越来越多的热带果树进入人们的视野，热带果树的共性和相对于其他果树的特殊性逐渐被揭示出来，形成热带果树学。

热带独特的蔬菜资源很少，基本上与我国其他地区蔬菜资源一致，由于热带地区长夏无冬，蔬菜普遍耐阴性较差，而使得热带地区冬季瓜菜独树一帜，热带地区冬季的特殊性决定了蔬菜栽培技术及其原理相对于传统蔬菜栽培技术需要变革，成为研究的热点，并且寻找耐热蔬菜种质资源、选育耐热蔬菜品种和热带蔬菜设施栽培专用品种、热区蔬菜栽培技术等课题研究也提上议事日程。

随着热带植物资源的普查，找到许多具有观赏价值的独特热带观赏植物资源，对其开发利用是研究的新课题；热带兰深受全球人们的喜爱，热带兰的生物学基础问题和观赏利用、观赏植物品种选育等必须加强研究。当前，海南将热带兰和金钱树进行产业化栽培，产品在东亚、东南亚和国内具有很高的市场占有率。热带观赏植物学也应运而生。

由于1998年高等教育改革,以培养“大专业、宽口径”人才为目标,必须对园艺学课程进行整合。在整合过程中,由简单拼凑发展到今天的探索园艺专业核心专业理论和核心技能,促进了科学的园艺专业课的不断更新和形成。《普通园艺学》和《园艺植物遗传育种学》等骨干专业课教材不断调整更新,形成了当前园艺专业最新的专业课教材。

基于农业田间试验设计、生物统计学等学科的发展,形成了果树研究法、蔬菜研究法和观赏植物研究法等园艺学课程。园艺植物研究法也是在上述背景下的园艺专业必修课,多家兄弟院校编写这类教材。这些教材具有相似的基本骨架脉络,虽然其具体细节差异明显,但不同程度地显示出拼凑老教材的痕迹,并不能满足高素质本科人才培养的需要。立足于热带园艺专业的特殊性,我们也有必要开设热带园艺植物研究法课程,需要编写相应的教材。本书就是在这样的背景下产生的,并且成为第一部热带园艺植物研究法专业课的教材。

尽管在本书的编写过程中以探索科学合理的热带园艺植物研究法核心理论和核心技能为先导,但某些内容还是存在拼凑老教材相关内容的现象,随着热带园艺核心理论和核心技能不断地总结出来,本书须不断地作针对性的修订和完善。本书当为以后修订的蓝本,应有抛砖引玉的作用。

### 第三节 本课程性质、内容特点与教学要求

热带园艺植物科学研究的一般过程是:选题、查阅文献、提出假说、制订试验方案、试验实施与数据采集、统计分析、对假说定性和结果总结。本课程教学内容基本按此流程和逻辑关系顺序编排,符合热带园艺植物科研工作程序,脉络分明、条理清晰。对于学生科研思想的形成、科研思维方式的建立和科研方法的掌握,都会有事半功倍的效果。

本课程教学内容以应用为主,而且竭力避免与其他专业课重复,又致力于与其他专业课建立联系,发挥工具课程的纽带作用,减轻学生的学习压力和培养学生的兴趣,帮助学生建立系统化的专业理论与技术的知识体系。

本课程在教学上应做到理论联系实际,在强调本课程对培养学生科研和创新能力具有重要作用的同时,又不可以片面夸大本课程在能力培养上的作用。应诱导学生自觉创新和思考,带领学生参加科研活动设计、实施与结果总结等完整的科研活动。作为任课教师,还应与时俱进,时刻关注学科的进展和发展动态,在教材内容的基础上,不断充实、更新教学内容,使学生科研能力的培养紧跟科学技术发展的快节奏。

(编者:周开兵)

# 第一章 科研课题申报

科研课题一般是指获得有关机构资金资助的科学研究项目，其为科研工作者开展科学研究的基础。在市场经济体制下，科研工作者应立足于时代与科技的前沿，在专业某一研究领域内，不断提出新课题，积极申报并获得资助，才能保证科研工作的顺利进行。

## 第一节 热带园艺植物科学研究特点和基本方法

### 一、热带园艺植物科学研究的特点

园艺是农业的重要组成部分，是科学与艺术的结晶。园艺不仅为人类提供丰富的营养食品，而且为社会提供大量的精神产品。因此，园艺的经济效益、社会效益和生态效益一直受到政府和全社会的重视。随着当今科学技术日新月异的发展，很多新知识、新技术在园艺生产中得到应用，给园艺科学的发展带来机遇和挑战。园艺科学研究应根据现代科学的发展、社会的需求以及学科的自身特点和优势，始终瞄准国际科学前沿，大力加强种质资源、栽培技术和采后处理等各方面的研究，为园艺产区提供大量的良种资源及智力支撑。

热带园艺产业属于园艺产业的重要组成部分。热带园艺植物科学研究的对象是热带园艺植物，具有鲜明的区域性分布特色。由于热带地区在气候、土壤自然条件和园艺植物遗传资源上的特殊性，也由于热带地域、热带园艺植物资源和热带园艺产品的不可替代性，决定了本学科具有明显的行业特色和重要地位。

根据热带园艺植物的生物学习性和栽培学特性，热带园艺植物科学试验的特点主要是植物种类繁多，包括草本、木本以及藤本植物；生长周期长短不同，包括一年生、二年生和多年生植物；经济产品类型差异很大，包括园艺植物的经济器官各种各样，有叶片、根、枝、花、果实等；试验设计的方法很多，既有一般的大田试验设计，又有针对木本植物的特殊的试验设计；研究层次复杂多样，既有微观上分子生物学的方法，又有宏观上栽培管理的方法，还有宏观上生态学的方法等。

一年生热带园艺植物与大田作物在研究方法上类似。但多年生木本热带园艺植物试验研究跟大田作物相比具有特殊性，主要的特点表现在：

#### 1. 生命周期长，试验具有复杂性和长期性

多年生热带园艺植物具有生命周期和年周期两个发育周期，在不同的年龄时期和不同物候期的生长发育状态不同，进行试验研究时比较复杂，在试验的观察记载和分析时，要把这两个周期联系起来，才能真正了解多年生园艺植物的生长发育规律和试验的真正效应。

由于多年生热带园艺植物生长发育既受当年的环境条件的影响，又受上一年甚至上几年的影响，导致了技术处理的效应具有一定的延续性。即当年的生长发育表现及对某一技

术措施的反应，往往与往年的环境条件、生长结果和技术措施有关。而当年的技术措施的效应，又具有持续性，会影响到以后数年。因此，研究需要连续进行多年，在试验设计和统计分析时，可用多年的裂区设计和协方差分析，用上一、二年（或处理前）的产量校正当年的产量，以减少试验误差，使试验结果真正反映客观实际。

## 2. 树大根深，利用土地营养的面积大

多年生热带园艺植物长期生长在一个地方，由于树体大，根系深，占地面积广，而且利用到心土，受土壤和环境条件的影响大，从而导致试验小区面积较大，造成同一区组内土壤差异大，局部控制的效应差，试验误差较大。在试验设计时，在保证记录观测所需株数足够的前提下尽量减少小区内的株数，以便增加重复次数。此外，应多考虑采用不完全区组的设计方法。单株的差异大，不易得到一致的试验材料，单株产量的变异系数，一般超过 40%，有的年份大于 70%，因此试验设计时，对材料要进行严格的选择，尽量控制误差。由于试验地差异大和不可避免，要求选择试验地时，不仅要考虑到地形和表土结构，而且要注意心土层、地下水以及隔水层的情况。

## 3. 繁殖方法多

多年生木本热带园艺植物的繁殖方式主要包括有性（种子）繁殖和无性繁殖。无性繁殖技术包括分株、压条、扦插、嫁接等营养繁殖和组织培养快速繁殖（胚培养除外）及植物的无融合生殖等繁殖方法。营养繁殖园艺植物在进行试验设计时要注意扦插、压条、分株繁殖的植物要选择生长结果表现一致的母株作为繁殖材料。嫁接繁殖的植物还要同时注意接穗品种和砧木的选择，接穗品种和砧木遗传性一致，分别选用生长结果一致的母株来接穗或采种。有些树种可利用其无性系砧木，如利用组织培养苗会得到遗传性一致的试验材料。不同嫁接方法对生长发育亦有影响，试验树应采用同一嫁接方法。

## 4. 栽培方式多

许多果树以及观赏的木本植物零星栽植或者种植在山地，地形对土壤和植物生长发育造成影响，加大了试验误差。在随机区组的设计中，特别注意同一区组内条件尽可能一致，一般同一区组安排在同一等高线上。地形复杂或零星栽植的园艺植物可采用对比法随机排列，用处理树与相邻的对照树之间的差数进行方差分析。有些山地零星栽培的果树，树冠大小差异太大，不易找到相近大小的试验树，可以采用以单株为区组，以大枝为小区。在计算施肥量、产量时，不以株或  $666.7\text{m}^2$  为计算单位，而以树冠的体积或投影面积为单位，比较单位树冠体积或投影面积的产量。我国热带园艺植物种植区是在北纬  $18^{\circ}10'$ ~ $26^{\circ}10'$ ，东经  $97^{\circ}39'$ ~ $118^{\circ}08'$ ，而热带地区气候高温、多雨、土地易遭受冲刷和破坏，热带园艺植物已形成独特的栽培模式。

## 5. 树体自身连续记载了其生长发育的变化规律

植物是不能移动的，当外界条件有变化时，树体就有反应。多年生植物本身就年复一年地、持续地记录着它对外界条件的反应，根据有机体与环境统一性的原则，就可依照植物的生态表现，了解到前几年的情况。例如，利用果树枝上环痕和果台节间的长短、芽的大小、不同类型枝条发生的比例，测知前几年的生长结果情况。充分利用生物学调查法和性状相关分析能简化试验方法，缩短试验年限，也能得到可靠的资料。

另外，在研究热带园艺植物时，要注意热带园艺产品季节性强、易腐性强，且地区性强。热带园艺产品的生产、收获都具有一定的季节性。各产品采前后的成熟度、采收期与

商品的品质、食用价值及经济效益的关系密切。热带园艺产品采收时处于高温高湿的环境，尤其是新鲜果蔬，含水量高，营养物质丰富，汁多肉嫩，皮薄易破损，易感病原菌而腐烂变质。热带园艺植物生产受生态环境影响极大，优质产品都有其适宜产区。产品种类、品种繁多，原产地各异，生物学特性不同，要求不同的环境条件，生产受地区限制。即使同类产品由于栽培地区不同，其生长期、成熟期、品质优劣和商品价值都有差异。在研究热带园艺产品质量的问题时，应综合考虑其生长环境和栽培技术措施等因素的差异。

## 二、热带园艺植物科学研究的基本方法

由于热带园艺科学的上述特点，反映出此学科研究的复杂性。因此，如何恰当运用一系列科学、合理、高效、准确、经济的研究途径和方法来探索热带园艺植物生长发育规律及其影响因素，发现及创造新的种质资源，提高热带园艺植物的产量和品质及抗逆性尤为重要。所谓研究方法，就是科学认识主体从实践或理论上把握科学认识的客体（如果树、蔬菜和花卉）而采取的一般思维手段和操作步骤之总和。在园艺植物中，常用的科学方法包括观察与调查方法、田间试验研究方法、实验室试验法、数学方法、逻辑思维方法等。

### 1. 调查研究法（Investigation research）

调查研究法一般是指在不改变自然和栽培条件的前提下，进行有计划的、系统的观察、调查、测定和记载，通过分析，总结出植物生长发育规律和先进栽培技术经验，发现新的种质资源，了解某些树种、品种、砧木在当地的适应性和变异性。调查研究法简便易行，适用面广。为科学工作者和生产工作者所广泛采用。

调查研究的主要内容包括生物学特性调查、资源调查和生产经验总结等。

#### 1) 生物学特性调查观察（Observation on biological characteristics）

生长发育规律是在系统发育中对一定生态条件适应的结果，而且它同时受环境条件和栽培技术措施的影响，生物学特性调查就是调查研究植物生长发育规律及其与外界环境条件的关系，也就是研究园艺植物在生命周期及年周期中生长发育的动态，分析各器官之间的相互联系、相互制约的关系。生物学特性调查是各种其他试验研究方法的基础。

园艺植物在不同年龄时期、不同物候期中所表现的一切特性，均是这一树种、品种的遗传性与环境条件、栽培条件综合反应的结果，经常地对其生长、开花和结果情况进行观察记载，可以掌握其变化的规律，确定品种的特性，总结其对栽培技术的反应特点，指导制订合理的栽培技术措施。

#### 2) 资源调查（Resources investigation）

对某一地区园艺植物的种类、品种分布、生长结果的情况、当地的生态条件、植物分布群落等进行调查和分析，最终目的是摸清当地种质资源的现状和变化趋势，直接或间接用于生产。

种质资源直接的利用方式之一是加工利用，有些地区分布有大量可利用的野生果树，通过调查其分布的范围和数量，可以建立加工厂酿造果酒及其他加工品。有些野生园艺植物则经驯化后进行人工栽培，有些则用作砧木，有些可利用其某些特性，作为培育新品种选育的原始材料。

资源调查的间接意义是通过当地园艺生产有利和不利的自然条件和各植物种类、品种表现的调查，可以了解某些品种的适应性，作为当地园艺生长发展规划、品种区域化和制订栽培技术的依据。通过调查，可以探寻园艺植物的起源、传播、栽培历史和演化。把资

源调查的结果进行整理，可以为编写当地植物志（例如果树志）提供素材。有些种类和品种，还需搜集整理，建立原始材料圃或品种园，以便进一步观察和保存这些资源，便于长期研究和使用的。

### 3) 生产经验总结 (Experience summary)

对各地出现的高产、稳产、优质、低耗和高效的果园或菜地进行系统的调查总结，可以得到单项或整套的栽培技术经验，推广到生产中去。就目前生产上应用的一些栽培技术而言，有一些推广的技术措施是来自生产上的调查研究的结果，并认为行之有效而推广的。生产实践应用的施肥量，由于影响因素很多，因此一般仍参考丰产园的施肥量，也就是经验施肥量，结合具体条件而确定当地的施肥量。

以上各项调查研究，一般是在田间或生产现场，通过调查访问进行的，但有一些调查的内容，则是以室内分析为基础的，或者与室内分析相配合进行的，如土壤分析、营养诊断、年周期内树体和果实的水分和营养成分的变化、运转和分布等。

## 2. 田间试验法 (Experimental research)

试验研究是以单项对比法为基础，在人工控制的条件下，排除次要因素，突出所要研究的有关内容，观测比较不同处理的反应和效果。试验研究可以在田间进行，也可以在室内进行，有时采用田间与室内相结合进行。

在推广一项新技术、新农药、新生长调节剂或新品种时，都需要进行田间试验。由于园艺植物的生长发育受到外界环境的影响，某些技术措施是在一定的外界条件下研究或总结出的成果，而且在推广成果时，也需要在当地先进行田间试验。田间试验是基本的试验，广泛地应用于各项科学研究中。

田间试验的程序主要包括预备试验、小区试验和生产性试验。

### 1) 预备试验 (Preliminary test)

在对试验的处理效应尚无十分把握，不能估测可能的最佳水平时，首先进行的一种探索性试验。在预备试验的设计上，处理可以多一些，每一小区的株数和重复次数可以少一些。在影响因素很多的试验中，一时决定不了哪个是主要因素，可以采用正交设计，排除次要因素，决定主要因素以后，再进行正式小区试验。

园艺植物特别是果树以及观赏木本植物的株间差异比较大，因而田间试验的误差也比较大，果树对于不同处理的反应，不仅是当年的处理效应，而且也受前几年的生长和产量以及大小年的影响。因此，在正式试验前，可以对供试树进行观察，单株记载，以此作为选择试验树的依据，这也是预备试验的一种。

### 2) 小区试验 (Plot test)

在田间进行的以小区为基本试验单位的正式试验。特点是在人为控制的试验条件下进行，由于面积比较小，代表性较差，为了提高精确度，应根据生物统计的原理进行设计。试验设计时应注意：小区大小要适当，要有足够的重复，并设有保护行，控制边际影响，力求在设计上减少可能出现的误差，而且配合适当的统计方法，以估计试验误差，进行显著性测验。

### 3) 生产性试验 (Production test)

在接近生产的条件下，检验小区试验取得的结果，同时这种试验也具有示范意义。特点：试验面积比较大，试验材料要求多，而处理和重复次数宜少。

在生产性试验中要注意问题是由于不同栽培技术之间存在着相互影响,因此生产性试验常常进行复因素的综合试验。为了品种区域化和了解某一技术措施适应的地域范围,可以同时的几个地点进行同一设计的多点试验。新培育或新引入的品种,新技术措施的应用都应通过区域试验的验证才能在生产上大面积推广。一般生产试验要连续进行多年,对于果树,则必须在结果后观察3~5年,才能作出结论。

### 3. 室内试验和盆栽试验法 (Laboratory test and pot experiment)

在人工控制的环境条件下(人工气候室)进行的一些试验(以单因素试验为主)或是在室内进行的化学分析、解剖观察及生态、生理试验等均为室内试验。室内试验也可以作为田间试验或调查研究的辅助试验,提高研究的深度。

盆栽试验法是盆栽(水培或沙培)试验,由于土壤肥力、供给的水分和养分以及环境条件都可以控制,误差比较小,在设计上比田间试验简单,但在选择试材和控制环境条件上必须严格,要注意取样的代表性和取样技术。这类试验是一类广泛应用的研究方法。

### 4. 数学方法 (Mathematics method)

数学是一门研究客观世界数量关系和空间形式的科学,也是其他一切科学进行定量研究时不可缺少的工具和手段。数学方法是指运用数学工具进行科学研究的方法,也就是运用数学所提供的概念、符号、技巧和规则,对研究对象进行量和结构的分析推演,从而找出一种以数学形式表示事物的特征和规律的方法。早在古希腊时期,数学就被当做一种重要的思维手段运用。随着人类的生产实践和科学试验的发展,随着新观念的不断出现、研究对象和应用范围的不断扩展,数学方法的内容也在日新月异地发展,构成了丰富多彩、渗透到各科技领域的现代数学。

一般来说,数学方法在园艺科学中主要应用有以下两种情况:

#### 1) 定量分析与数值运算 (Quantitative analysis and digital computation)

对园艺学中的实际问题进行定量分析就是运用数学方法去研究揭示园艺科学问题中各基本因素的数量依赖关系。定量分析的一般过程是:第一,通过观测、试验获取在定性分析中确定下来的各基本因素的准确数据;第二,依据已知的科学理论或假说处理这些数据,并应用数学语言加以抽象和表述,使该问题成为一个可以求解的数学问题;第三,根据数学问题的性质、特点,建立起一个合适的数学模型;第四,对数学模型进行求解与检验;第五,对数学解作出解释和评价。

数学源于计量,数值运算可以说是数学还处于萌芽时代就具有的基本性能。园艺科研中日益广泛地运用数值运算处理很多实际问题,数值运算的作用愈加重要。随着现代科学技术的迅速发展,特别是电子计算机的出现,实现了计算工具大变革,现在数值运算基本上由电子计算机来进行。

#### 2) 数学模型方法 (Mathematical model method)

数学模型是指用简化的形式语言,对一个系统的本质特征或基本过程进行数量方面描述的一种抽象结构。它主要是根据研究对象所观察到的现象及经验材料,提炼为数学问题,即科学抽象为一套反映对象的定量关系和运动规律的数学公式。数学模型一般是由组成因素、变量、参数和函数关系四项构成。

建立数学模型是应用数学方法的前提,是把数学语言引入具体科学,把具体科学中待研究的问题抽象为数学问题的过程。数学模型必须具备以下条件:第一,能反映研究对象

的本质特征或关系；第二，是这些本质特征或关系的理想化和合理化的数学表达结构或系统；第三，能在这些结构或系统上对研究对象进行逻辑推导或定量分析与计算；第四，通过推导、定量分析与计算能得出明确的结构或数学解；第五，结论和数学能回到研究对象中获得科学意义，转化为对实际问题的说明。以上五个条件不具备或不完全具备，数学模型就失去自身存在的价值和意义。

建立数学模型的过程，首先是根据已有的知识对研究对象进行分析，找出反映它的基本特征的基本量，如园艺生长发育相关的指标中的重量、纵横径、果形指数等，用数学语言加以表达。其次是分析各基本量的情况，弄清常量与变量、已知量和未知量；分析它们之间的联系，弄清固定与变化、主要与次要的区别，从而找出从已知求出未知数的基本方法。最后，抓住主要矛盾，略去可忽略不计的因素，化繁为简，用最简捷的关系式把问题表达清楚，如园艺植物半致死温度的计算。

## 5. 逻辑思维方法

### 1) 比较、分类和类比 (Compare, classification and analogy)

比较是在确定不同事物间异、同点的基础上，推出一定结论的逻辑方法。科学研究中，对事物的认识总是从把事物分开来开始的。要区分事物，就要进行比较，找出其相异和相同。事物之间在空间和时间上客观存在着的差异性和同一性，是进行逻辑比较的客观基础。比较方法可以分为空间上的比较、时间上的比较和时空综合比较三种类型，也可以分为现象上的比较和本质上的比较。比较方法在园艺科学技术研究中具有重要作用，如选育的新品种与原品种之间的比较，不同施肥水平对园艺植物生长发育的比较等。运用比较方法可以对研究对象进行定性的鉴别和定量的分析；可以探索事物发展的历史源头和确定事物发展的历史顺序；可以给人们提供一个动态观念，揭示出不易直接觉察的动态过程；还可以判明理论研究的结果同观察、试验事实之间的符合程度。

分类是根据事物的共同点和差异点，把事物划分为不同种类的逻辑方法。也就是说，在比较的基础上，找到事物的异同点，按照共同点将事物归为较大的类；按照差异点将事物划分为较小的类，从而将研究对象区分有一定从属关系的，分为不同层次、等级的系统、网络的过程，就叫分类。如按照农业生物学特性把蔬菜分为直根类、白菜类、茄果类、瓜类、豆类、葱蒜类、绿叶菜类、薯芋类、水生蔬菜类、多年生蔬菜类、食用菌类、芽菜类和野生蔬菜类等 13 类，这就是分类。分类有现象分类和本质分类之别。这是分类本身不断深入和精确的表现，也是人们认识事物深刻程度的标志。应用分类法，把观察、试验、调查中获得的量大质杂的事实材料理出线索，使其系统化、条理化，可为进一步的研究创造一个好的基础和条件。反映事物本质和规律的自然分类，具有科学预见性，为人们认识新的具体事物提供线索。

类比方法，是根据两个或两类事物之间在某些属性上的相同或相似，推出它们在其他属性方面也可能相同或相似的逻辑方法。这是立足于已知向未知的探索。在进行类比时，要抓住事物的本质联系，找出足够多的相同或相似之处，才会得到较为可靠的类比结论。类比结论到底正确与否，最终尚须实践的验证。根据事物相同或相似属性之间的关系，类比有并存关系类比、因果关系类比、对称关系类比和协变关系类比等类型。类比方法在园艺科学技术研究中起着重要的作用。首先，类比方法在科学研究中，具有启发思路、提供线索、举一反三、触类旁通的作用。其次，类比是提出科学假说的重要途径；也是设计试