

# 作物栽培学总论

刘子凡 黄洁 编著

中国农业科学技术出版社

# 作物栽培学总论

刘子凡 黄洁 编著

中国农业科学技术出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

作物栽培学总论/刘子凡, 黄洁编著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2007. 12

ISBN 978 - 7 - 80233 - 421 - 2

I. 作… II. ①刘…②黄… III. 作物—栽培 IV. S31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 157101 号

责任编辑 李 华

责任校对 贾晓红 康苗苗

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)68919704(发行部)(010)62150979(编辑室)  
(010)68919703(读者服务部)

传 真 (010)62189012

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京科信印刷厂

开 本 787 mm × 1 092mm 1/16

印 张 16.25

字 数 380 千字

版 次 2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

定 价 35.00 元

# 前 言

作物栽培学是农业科学中农学领域的应用学科，也是农业科学中最重要的学科之一，已成为新时期建设社会主义新农村的主力军。作物栽培学的发展水平直接影响人们的基本生活需求和质量，直接关系到国计民生和社会经济的发展。特别是在当今社会和现代农业力求解决人口、粮食、环境、效益等多重问题的发展进程中，了解和研究作物栽培学的理论和技术体系具有特别重要的意义。随着社会经济的发展，人类文明和科学技术的进步不断提高，作物栽培学的外延、内涵也不断扩大和丰富，除与作物遗传育种、分子生物学、生理生化、土壤肥料、植物保护、食品加工等密切相关外，在市场经济条件下，与加工、贸易、经营管理等科学的联系也越来越密切。

作物栽培学是以作物的生长发育为主线，以作物与环境关系为途径，以栽培技术措施为手段，探索“作物-环境-措施”间的高度协调和统一，达到高产、优质、高效、生态、安全的生产目标的一门科学。长期以来，我国的作物栽培学一直是以高产作为目标，并取得了一定的成就，许多工作处于国际前沿水平。现代农业科技的进步，大力促进了作物栽培学的理论研究和技术应用，呈现出前所未有的良好发展势头，出现了许多新的栽培方式，如模式化栽培、清洁栽培、数字栽培、物化栽培、分子栽培、轻简栽培等。

作者从2002年起一直从事本科生的《作物栽培学总论》的教学工作，由于没有一本相关的结合热带作物特色的《作物栽培学总论》教材，这给作物栽培学的教学带来了许多问题。鉴于此，作者经过多年的积累，在自编讲义的基础上，广泛收集有关资料，编写完成了这本较为系统的《作物栽培学总论》教材，本书着重增强作物栽培学基本理论、关键技术的一般规律和普遍适用性，从而克服以往书籍中作物栽培理论和技术局限于特定地理环境条件的不足，并引用了大量热带作物作为实例。

本书共分六章，第一章主要介绍作物栽培学的基本概念、特征与任务，作物栽培学研究方法的演进和作物栽培技术的新进展；第二章主要介绍作物的分类、起源与种植业区划；第三章系统介绍了作物的生长发育特征，作物器官的建成规律（营养器官、生殖器官）及其它们之间的相关关系、同伸关系等，种子的萌发过程及其调节机制；第四章介绍了作物的产量及品质的形成规律，作物的群体特征及其调节，源-库-流和

5P 理论等；第五章重点介绍了作物与生态环境因子（光、温、水、肥、土、气等）的关系及调节机制，常见的农业气象灾害及防治措施；第六章主要介绍了作物的主要栽培技术，包括土壤耕作技术、作物的播种与育苗移栽技术、地膜覆盖栽培技术、作物的施肥技术、水分管理技术、杂草防除技术、化学调控技术和收获贮藏技术。本书最后附上了相应的实验指导，以利于学生更好地理解 and 掌握作物栽培学总论的内容体系。本书主要面向农学专业的本科生和研究生，以及从事农业生产技术研究与应用的教学、科研和管理人员。

本书综合参考了国内外大量的作物栽培学及相关学科的专著、教材和论文，在此谨向各相关作者致以诚挚的谢意，同时在本书的编写过程中得到了华南热带农业大学胡新文教授、唐树梅教授、杨重法教授、符常明教授等的关心、鼓励和支持，在此表示深深的谢意！

由于编者水平有限，本书还有许多需要改进之处，衷心希望各位教师、学生和有关科研工作者提出宝贵意见，以便在今后的工作中进一步改正、完善和提高。

编者

2007 年 9 月

# 目 录

第一章 绪 论 .....	(1)
第一节 作物与作物栽培学 .....	(1)
一、作物的概念 .....	(1)
二、作物栽培学的概念 .....	(1)
三、作物栽培学的任务 .....	(2)
四、作物栽培学的特点 .....	(2)
第二节 作物栽培学的演进与研究法 .....	(4)
一、作物栽培学的演进与发展 .....	(4)
二、作物栽培学的研究方法 .....	(5)
三、作物栽培研究的成就与问题 .....	(8)
第三节 作物栽培学的新进展 .....	(8)
一、叶龄模式与模式化栽培 .....	(8)
二、作物智能栽培 .....	(10)
三、轻简型栽培 .....	(10)
四、反季节栽培 .....	(12)
五、物化栽培 .....	(12)
六、作物分子栽培 .....	(13)
七、作物清洁栽培 .....	(13)
第二章 作物的分类、起源与种植业区划 .....	(15)
第一节 作物的分类 .....	(15)
一、植物学分类 .....	(15)
二、实用分类法 .....	(16)
第二节 作物的起源和传播 .....	(19)
一、作物起源的研究方法 .....	(19)
二、作物的地理起源中心 .....	(19)
三、作物的传播 .....	(21)
第三节 我国的种植业区划 .....	(21)
一、农业自然资源的特点 .....	(21)
二、我国的种植业区划 .....	(22)
第三章 作物的生长发育 .....	(26)
第一节 作物生长发育的概念及相关关系 .....	(26)
一、生长与发育的概念 .....	(26)
二、生长与发育的关系 .....	(27)

第二节 作物器官的生长 .....	(27)
一、营养器官的建成 .....	(27)
二、生殖器官的生长发育 .....	(38)
三、营养器官与生殖器官生长的关系 .....	(39)
四、营养器官之间的同伸关系 .....	(40)
第三节 种子的萌发 .....	(43)
一、种子的概念 .....	(43)
二、种子萌发的过程 .....	(44)
三、影响种子萌发的因素 .....	(46)
四、促进种子萌发的措施 .....	(48)
第四节 作物的发育特性 .....	(49)
一、感温性 .....	(49)
二、感光性 .....	(50)
三、基本营养生长性 .....	(50)
四、作物的发育阶段 .....	(50)
五、作物生长发育的周期性 .....	(51)
第五节 作物的生育期 .....	(52)
一、生育期概念及计算方法 .....	(52)
二、影响生育期长短的因素 .....	(52)
三、生育时期 .....	(52)
四、作物的生长中心 .....	(53)
第四章 作物产量和产品品质的形成 .....	(56)
第一节 作物产量的形成 .....	(56)
一、作物产量的概念 .....	(56)
二、经济产量构成因素及其相关关系 .....	(58)
第二节 产量形成的生理基础 .....	(59)
一、作物产量与光合作用 .....	(59)
二、作物群体与群体光能利用率 .....	(62)
三、作物生长分析 .....	(80)
四、作物的源、库、流理论 .....	(84)
五、作物产量潜力的 5P 理论 .....	(90)
第三节 作物产品的品质及其形成 .....	(91)
一、作物产品品质的含义 .....	(91)
二、农产品品质的评价指标 .....	(92)
三、作物产品品质的形成 .....	(93)
四、影响农产品品质的因素 .....	(95)
五、提高农产品品质的农业技术措施 .....	(99)
六、作物产量与品质的关系 .....	(100)

第五章 作物与生态环境 .....	(102)
第一节 作物的生态因子 .....	(102)
一、生态因子的分类 .....	(102)
二、生态因子的作用机制 .....	(103)
三、生态因子的限制方式 .....	(104)
第二节 作物与光照 .....	(105)
一、太阳辐射 .....	(105)
二、光谱成分对作物生长发育的影响 .....	(105)
三、光照强度对作物生长发育的影响 .....	(108)
四、光照长度对作物生长发育的影响 .....	(111)
第三节 作物与温度 .....	(114)
一、作物生长发育的基点温度 .....	(114)
二、积温 .....	(116)
三、农业界限温度 .....	(118)
四、作物的温周期现象 .....	(118)
五、土壤温度与作物生长发育 .....	(119)
六、植株冠层温度 .....	(120)
第四节 作物与水分 .....	(121)
一、生理需水和生态需水 .....	(121)
二、作物的需水规律 .....	(121)
三、水与作物生长、产量和品质的关系 .....	(124)
第五节 作物与空气 .....	(125)
一、作物与二氧化碳 .....	(125)
二、作物与氧气 .....	(131)
三、作物与其他气体 .....	(131)
四、温室效应 .....	(132)
五、酸雨 .....	(133)
第六节 作物与土壤 .....	(133)
一、土壤质地与作物生长 .....	(133)
二、土壤耕地类型与作物生长 .....	(134)
三、耕作层深度与作物生长 .....	(135)
四、土壤酸碱度与作物生长 .....	(135)
五、土壤生物性与作物生长 .....	(136)
六、土壤养分与作物生长 .....	(136)
七、土壤水分与作物生长 .....	(137)
第七节 作物与营养 .....	(138)
一、作物必需的营养元素 .....	(138)
二、作物对营养元素的选择性吸收 .....	(139)



三、作物对必需元素的敏感性 .....	(139)
四、作物营养关键时期 .....	(139)
五、不同肥料形态对作物的效应 .....	(141)
第八节 作物与其他生态因子 .....	(142)
一、海拔 .....	(142)
二、地势和地形 .....	(142)
三、雾 .....	(144)
四、风 .....	(144)
第九节 农业气象灾害 .....	(145)
一、干旱 .....	(145)
二、干热风 .....	(147)
三、涝害 .....	(148)
四、低温冷害 .....	(149)
五、日烧 .....	(150)
第六章 作物栽培技术 .....	(153)
第一节 土壤耕作技术 .....	(153)
一、土壤基本耕作方法 .....	(153)
二、土壤辅助耕作方法 .....	(157)
三、少耕与免耕法 .....	(158)
四、等高沟垄耕作法 .....	(161)
第二节 作物的播种与育苗移栽技术 .....	(161)
一、播种技术 .....	(161)
二、育苗技术 .....	(167)
三、苗床管理技术 .....	(173)
四、移栽技术 .....	(176)
第三节 地膜覆盖栽培技术 .....	(176)
一、地膜的种类、规格和性能 .....	(177)
二、地膜覆盖的作用 .....	(180)
三、地膜覆盖的方式 .....	(181)
四、地膜覆盖栽培技术 .....	(181)
第四节 作物的施肥技术 .....	(183)
一、施肥的理论依据 .....	(183)
二、确定施肥时期的依据 .....	(185)
三、施肥的方法 .....	(187)
第五节 水分管理技术 .....	(193)
一、合理灌溉技术 .....	(193)
二、农田排水技术 .....	(200)
第六节 杂草综合防除技术 .....	(202)

---

一、杂草的危害 .....	(202)
二、杂草的生物学特性 .....	(203)
三、杂草的综合防治 .....	(204)
第七节 化学调控技术 .....	(211)
一、植物生长调节剂的类型 .....	(212)
二、植物生长调节剂的剂型及配制 .....	(216)
三、植物生长调节剂的使用方法 .....	(216)
四、植物生长调节剂合理应用的注意点 .....	(216)
第八节 作物收获与贮藏技术 .....	(220)
一、收获时期的确定 .....	(220)
二、收获方法 .....	(223)
三、贮藏 .....	(223)
附件：实验指导 .....	(228)
实验一 种子播种品质检验 .....	(228)
实验二 主要农作物生育期观测 .....	(231)
实验三 作物群体叶面积指数的测定 .....	(237)
实验四 作物生长分析 .....	(240)
实验五 作物群体生产结构的测定 .....	(242)
实验六 作物叶片着生状态的测定 .....	(244)
参考文献 .....	(246)

# 第一章 绪 论

## 第一节 作物与作物栽培学

### 一、作物的概念

地球上共有植物 39 万余种，被人类利用的栽培植物有 5 000 种左右，但属于大面积种植的只有 200 多种，目前我国的栽培作物种类约 600 种，其中粮食作物 30 多种，经济作物约 70 种，果树作物约 140 种，蔬菜作物 110 多种，牧草约 50 种，花卉 130 余种，绿肥约 20 种，药用植物 50 余种。但是并不是所有的栽培植物都被称为作物。广义作物指凡是利于人类而由人工栽培的植物，可细分为农作物、园艺作物和林木，包括粮、棉、油、麻、烟、糖、茶、桑、果、菜、药、杂（草坪、花卉、瓜类、饲料作物等）十二大类。狭义的作物主要指农田大面积栽培的农作物，一般称为大田作物或庄稼。目前我国常见的大田作物有 50 余种。当然，作物的范围也不是固定不变的，随着生产和科学技术的发展，有些作物逐步被淘汰，同时也有新驯化甚至新创造的作物开始用于农业生产。

### 二、作物栽培学的概念

作物栽培学是研究作物的栽培理论和栽培技术措施，以达到作物高产、优质、高效、生态、安全（“十字”目标）的一门科学。在以前的《作物栽培学》中认为作物栽培学是研究作物高产、稳产、优质、高效生产理论和技术措施的科学。现在来说，用这种观点来指导农业科学的发展是远远不够的，是落后于形势发展需要的。当今世界正面临着人口与环境问题的严重挑战。人口膨胀、土壤沙漠化、森林锐减、水资源危机、物种灭绝、酸雨污染、温室效应加剧、臭氧层遭到破坏、土壤流失等严重危及人类的生存。我国作为一个人口众多的发展中国家，形势更为严峻。因此，现代栽培学的任务不应当、也不可能再局限在一个狭小的圈子里，仅仅盯在“高产、优质、高效、低成本”的作物生产上。而要把防止公害、保护人类赖以生存的环境和大幅度节约农业用水与大幅度提高农作物单位面积产量和劳动生产率放在同样重要的位置上，否则，所谓作物栽培的现代化就是一句空话。

“十字”目标的各个方面都要由科学栽培的参与方能实现。①良种基因增产潜力的充分挖掘，要靠科学栽培；②作物生育过程中，高产与优质形成间的矛盾，要由科学栽培来协调统一；③高效，要靠高产、优质和低耗（省工、节本）的栽培技术来实现；④作物生产过程中的农田生态环境保护问题，生态学家、环保专家是无法解决的，主要

靠科学的栽培技术来保证；⑤安全的作物产品，首先是靠安全的栽培过程种植出来的，是作物无公害栽培和清洁栽培技术问题。

### 三、作物栽培学的任务

作物栽培学是一门发展的科学，与时俱进，其外延、内涵不断扩大和丰富，随着社会经济的发展，人类文明和科学技术的进步不断提高；作物栽培学又是一门联系的科学，除与作物遗传育种、分子生物学、生理生化、土壤肥料、植物保护、食品加工等密切相关外，在市场经济条件下，还与加工、贸易、经营管理等科学的联系越来越密切，是农业科学中最重要的学科之一，已成为新时期建设社会主义新农村的主力军。

根据国家对粮食安全、生态安全、能源安全和人身健康安全的重大需求，中国作物栽培科学应实施自主创新与组装和引进消化吸收相结合，高新技术与传统升级的常规技术相结合，基础理论和应用基础与应用研究开发相结合，农技农机与生理生态多学科交叉结合的技术路线；在有效增加农产品总量，提高产品质量和经济效益技术，持续高效利用农业资源和有效控制生物与非生物逆境灾害的种植业可持续发展技术，节源降本、提质增效、生态安全和循环利用等方面取得创新性突破，将品种、环境、技术融为一体，使生产实际和品种潜力基本接近。为保障食物和环境安全供给，发展农村经济，调整农业结构和增加农民收入，建设和谐的新农村，提供科技支撑和技术贮备，这些创造性工作仍需作物栽培学来解决，其他学科无法取代，因而作物栽培学不仅前景广阔，而且任重道远。

未来栽培学的任务可以概括为：最充分地发挥优良品种的遗传潜力。由于克服了施肥和其他栽培管理的盲目性，单产水平将取得大幅度提高，目前的高产纪录将成为大面积生产田的平均水平，并且将显著改善农产品的品质，使抗病、抗倒、抗旱、抗寒等目标与高产、优质得到有机统一。科学投入，减少污染，保护人类赖以生存的环境，生产无公害的农产品，满足市场需求。一是大幅度节约水资源；二是大幅度提高劳动生产率；三是大幅度提高总生产率。

### 四、作物栽培学的特点

作物栽培科学和其他农业科学一起，在解决人口占世界的22%，耕地只占7%的中国的农产品供应问题以及发展中国作物生产中起了不可替代的作用。作物生产是农业生产的核心，维系着人类最基本的生活需求，是社会经济发展的基本保证，因此深入研究作物栽培学的发展特点，正确把握其发展方向，对于促进作物栽培学的不断更新和持续发展、建立现代农业科技体系具有重要意义。

#### （一）系统的复杂性

作物栽培受自然和人为的多种因素的影响和制约。它既是一个大的复杂系统，又是一个统一的整体。因此，必须用整体观点和系统方法，采用多学科协作，运用多学科知识，采取综合措施，全方位研究如何处理和协调各种因素的关系，以达到高产、优质、高效，发挥作物生产的总体效益。

### (二) 技术的实用性

作物栽培学是把自然科学及农业科学的基础理论转化为实际的生产技术和生产力的科学。它主要研究解决作物生产中的实际生产问题，所研究形成的技术必须具有适用性和可操作性，力争做到简便易行、省时省工、经济安全。

### (三) 生产的连续性

作物栽培是一个长期的周年性社会产业。上一茬作物与下一茬作物，上一年生产与下一年生产，上一个生产周期与下一个生产周期，都是紧密相连和互相制约的。因此，必须要有全面和长远的观点，做到前季为后季，季季为全年，今年为明年，实现持续的高产稳产。

### (四) 生长的规律性

作物栽培的研究对象是作物。作物是有生命的生物有机体，在与生态环境相适应的长期进化中，作物生长发育过程形成了显著的季节性、有序性和周期性。首先，不同作物种类具有不同的个体生命周期，如水稻、玉米和棉花等为一年生，冬小麦、油菜为二年生作物。其次，作物个体的生命周期又有一定的阶段性变化，是一个有序的生长发育过程，需要特定的环境条件，如水稻的短日高温特性就是一个典型的例子。再次，由于作物生长发育的各个阶段是有序的、紧密衔接的过程，既不能停顿中断，又不能颠倒重来，因而具有不可逆性。

### (五) 明显的季节性

作物生产是依赖于大自然的生产周期较长的社会产业，而一年四季的光、热、水等自然资源的状况是不同的，所以，作物生产不可避免地受到季节的强烈影响。由于作物的季节性很强，生产上误了农时，轻则减产，重则颗粒无收。因此，必须合理掌握农时季节，使作物的高效生长期与最佳环境条件同步。

### (六) 严格的地域性

地区不同，其纬度、地形、地貌、气候、土壤、水利等自然条件不同，其社会经济、生产条件、技术水平等也有差异，从而构成了作物生产的地域性。因此，作物生产必须根据各地的自然和社会条件，选择适合该地的作物、品种及相应的技术措施，使作物、环境、措施达到最佳配合，生产出高产优质的农产品。

热带作物栽培学还具有其独特的特点：①热带作物栽培学不具有专一性，作物的范围难以确定一个明确的概念，它不像果树栽培学其对象是果树这种明确专一的概念，热带作物栽培学所涉及各类作物庞杂而用途各异；②热带作物栽培学的研究对象热带作物大部分是多年生的，无论是木本或草本的，它们都有相当长的经济寿命期，这就要求在各项栽培技术的实施上要有长远的观点；③热带作物栽培学具有明显的地区性。我国热带地区的范围很小，而真正可利用的热带地区范围更是有限，不到国土面积的1%。我国热带作物种植区是在北纬 $18^{\circ}10'$ ~ $26^{\circ}10'$ ，东经 $97^{\circ}39'$ ~ $118^{\circ}08'$ 。热带地区高温多雨，土地易遭受冲刷和破坏，所以热带作物栽培不能简单地照搬温带的栽培方法，必须形成独特的栽培模式。

## 第二节 作物栽培学的演进与研究法

### 一、作物栽培学的演进与发展

自从农业起源以来,人类从未停止过对作物生产技术的探索和经验的积累。从这个意义上来说,作物生产学科作为农业科学中的一个分支,可以说是一门最古老的学科。但我国作物栽培作为一门独立完整的学科,还是20世纪50年代以后的事。而后广大栽培学家不断总结和开展科学研究,逐步渗入植物形态、生态、作物生理、生化等现代科学理论,土壤、肥料与作物营养的科技成果,应用生物统计和电脑模拟等研究方法和手段,从而建立发展起具有自身科学理论及技术体系的现代应用科学。

中国的作物栽培学曾经有过兴旺发达的历史。如20世纪60年代中期,在全国大办农业的年代,作物栽培曾被当时分管农业生产的中央领导封为“总司令”。作物栽培专业人员深入各地农村大搞丰产样板田,对推动我国粮食生产的发展起到重要作用。

我国学者在学习汲取国内外的栽培理论成果之后,于20世纪70年代初步形成了中国特色作物栽培理论体系的框架,明确了作物栽培学是研究作物高产形成规律及其调控的应用科学,形成了区别于其他学科而对栽培具有普遍指导意义的作物栽培理论和技术体系,不仅在作物生产发展上发挥了极其重要的作用,而且也对学科未来的发展产生了深远的影响。主要研究领域包括以下3个方面:①作物高产群体的生育规律;②作物生育各期综合诊断的内容、方法及原理;③栽培措施调控的作用、机理与合理应用原则。其中在作物高产生育规律与机理方面,研究了主要农作物的器官建成、器官间的相关(同步、同伸)关系、产量形成机理及产量三因素协调、群体叶面积和光合效率的协调、“库源”关系的协调,以及协调各种关系的群体合理动态,形成了有别于作物生理学、能直接为栽培应用的栽培学理论。比较有代表性的有“作物叶龄模式”,观察研究了作物的出叶和其他各器官的分化、形成、生长、定型之间存在有规律的同步、同伸关系,归纳出同伸相关公式,用出叶的叶龄诊断作物的生育阶段、不同部位器官的生育状态,有效地解决了作物器官建成和产量因子形成过程(如稻麦的有效分蘖临界叶龄期、拔节叶龄期和穗分化叶龄期等)在时间上(叶龄)科学定量(诊断)的难题。这是我国作物栽培学家为建立具有普遍指导意义的作物栽培科学理论与技术体系作出的一个重要贡献。

目前对作物栽培技术的研究,有一些人持不同的意见,认为作物栽培研究不易出成果,作物栽培只不过是播种、施肥、中耕除草等生产技术而已,根本没有什么理论可以研究。但据1985年国家科学技术进步奖农业各专业获奖比例资料,其中以栽培获奖最多,占获奖总数的38%,育种次之,占获奖总数的33.9%。另外,还有人认为只要有好品种,产量自然而然就提高了。品种是提高产量的关键因素,但不是唯一因素,因为没有栽培技术再高产的品种也不能发挥其增产潜力。我国作物高产栽培体系的演变大致经历了3个阶段。

### 1. 环境栽培学

20世纪50年代初至60年代中期,广大科技工作者深入农业生产第一线,进行农民群众作物生产经验的调查、总结和研究。1958年,党中央和毛主席根据群众的生产经验和科技工作者的研究成果,总结出以“土、肥、水、种、密、保、管、工”为主要内容的农业生产“八字宪法”。以后,栽培工作者根据各地区不同的自然、生态、生产和经济条件,以“八字宪法”为基本依据,总结和创造了不同的栽培技术,特别是在耕作、施肥、灌溉、播种、改变种植制度和增加复种指数等方面,进一步丰富和发展了“八字宪法”,在生产实践和科学理论方面取得很大成绩。如劳动模范陈永康的“三黄三黑”的水稻丰产理论和实践,河南刘应祥小麦“马耳朵、驴耳朵、猪耳朵”的叶片诊断。

### 2. 形态指标栽培学

20世纪60年代初至70年代初,作物栽培界的注意点由对影响作物生长发育的环境因子的研究转移到对作物本身外部形态指标的研究。其重点不再是“光、热、水、土、肥、气”,而是作物的株高、分蘖、叶面积、叶色变化、穗数、千粒重等数量性状以及它们与栽培措施的关系。其目的是协调田间苗、株、穗、粒和粒重的关系,以培育结构合理的群体而取得高产。代表这一时期作物栽培科学方向和主流的是举国上下的作物群体结构研究热和关于合理群体结构的大论战,如水稻叶龄指标栽培法和合理密植技术等。

### 3. 模式化栽培

近年来,作物栽培领域,由于系统思想和系统工程方法的引入,使作物模式化(规范化)栽培技术的研究和应用推广取得了突破性的进展。就其主要的研究方法来看,大体可归纳为两种:数学模式和叶龄模式。作物的模式化栽培,是根据不同地区的生态和生产条件,在通过多年、多点的田间试验研究,获得大量的信息资料的基础上,运用系统思想和现代科学技术,制定出规范化的栽培技术体系和优化方案,用于生产实践的一项系统工程。

尽管研究工作的深度和广度都有了明显的提高,但是最终也未能摆脱经验模式。如多元高效立体种植模式和作物栽培专家系统等。研究成果在推广应用时,只要不是研究模型过程中所用数据来源的时间和空间,只要脱离这一特定区域,就不能取得良好的效果。也就是说所谓“模式”其实是不存在的。由于栽培学从理论上和技术上都没有取得重大突破,所以便把提高单产的希望寄托在大量增加化学肥料的投入上,其结果不仅造成生产成本的增加和肥料报酬的下降,而且引起环境污染和农民的反感。到目前为止,许多栽培专家的兴趣仍然停留在指导农民增施肥料上。

## 二、作物栽培学的研究方法

作物栽培学作为一门独立的学科,要达到自己的目标,必须有一整套符合本学科特点和需要的研究方法以及软件、硬件配套技术和科学的工作程序。长期以来,受限于孕育和产生它们的时代的科学和哲学背景,作物栽培学一直都是通过量量数数等原始方法来开展研究工作,仅从现象与现象之间的简单相关、现象与本质之间的因果联系来获取

对作物生产规律性的认识。随着近代科学新的理论和技术不断涌现，各门学科的渗透和交叉融合，新的研究方法也不断运用到栽培学中。常用的作物栽培学研究方法有以下几种：

### （一）生物观察法（经验积累研究法）

采用生物观察法时必须注意以下几点：对作物的观察必须与对外界环境条件的观察相结合；从作物与环境的相互联系及相互作用中进行考察、分析、判断、推理；观察作物生长发育过程时，要静态观察和动态观察相结合；观察作物的形态、结构时要联系其机能，观察局部时要联系整体。

### （二）产量对比法

安排两个或两个以上的相似组群，以试验对象作为试验组，另外设一个常规对照组作为比较的标准，通过某种试验步骤，看其对产量的影响，以确定某一栽培措施的优劣。

例如，根据不同耕作深度、不同密度、不同播种期、不同施肥期或灌水期等对产量的影响，确定适宜的耕深、种植密度、播种期、施肥期和灌水期等。但产量是多种因素综合作用的最终结果，单从最后产量不易确定这些措施对产量哪些因素起作用，但在目前却常被人们采用。

### （三）生长分析法

生长分析法是由 Greyory (1917) 和 Blackmen (1919) 所提出的，以后 Watson (1952) 等人将其发展。它以研究作物干物质积累为基础，联系到作物的叶面积增长及光合效能，这就使作物的产量、干物质、叶面积及其光合效能等因素关系联系为一整体，将研究水平提高了一步。

生长分析法的根本观点是作物产量都以干物质重量来衡量，作物生育过程也以植株干物质增长过程为中心进行研究。在测量干物质增长的同时，还测定进行光合作用的叶面积。这种方法对不同种类的作物，或同一作物不同品种，或同一品种不同栽培条件的生育差异，可以从叶面积或单位叶面积的光合效率来比较，也就是从干物质增长和叶面积消长来看生育进程。在农业生产上，往往根据植株的高度、植物部分的长度、植物的体积和重量的变化等来判断生长的情况。例如，在适当的时间间隔内，简单地测定植株高度，便可以弄清楚植物生长的情况。

这种测定方法不损伤植物，而且还能经常地在同一植株上进行测定，便于比较。做这种测定时，必须同时注意植株的粗细和分枝情况，因为在光照不足或水分过多的条件下，所发生的“窜高”并不是很好的生长现象。测定体积的方法也可使用，但因使用麻烦，因此在实践上使用得很少。重量的测定能够提供较为满意的结果，特别是以干重来表示生长时，所造成的误差相对来说比较小，但是稍微麻烦一点。如果能够注意到水分含量的稳定性，直接测定鲜重也是一种节省时间的观察植物生长的方法。但是这两种方法都是以破坏活植物体为先决条件的，所以所获得的结果只能是在相近条件下许多植株的生长情况。因此应该多测定一些植株，以便得到有代表性的平均值。

观察作物的生长也可以根据分蘖（如禾谷类作物）出现的数量和速度或叶子出现的时间和数量。在表示作物生长量的时候，也常使用相对生长率、作物生长率、叶面积



比等概念。

### （四）发育研究法（生育调查法）

发育研究法是由英国育种学家 Engledow (1923) 和 Wadham 等提出的,最初是用于禾谷类作物,以后不少学者如日本的片山(1951)、松岛(1957)等人在此基础上作了补充和发展。这个方法的特点在于侧重对发育器官的观察研究。其方法大致是在作物生育期间每隔一定天数测量株高、统计根条数、叶片数、分蘖数等,特别是分蘖的消长以及穗粒的形成。此外,对干物质和氮素含量等也进行调查,收获时统计单位面积上的穗数、每穗粒数和粒重,最后把收获物分解为产量构成因素,用于阐述作物发育过程及其相互关系。

### （五）生长发育研究法

生长发育研究法是综合生长分析法和发育研究法而发展起来的方法。生长发育研究法是根据作物生长的外部形态表现,并结合内部穗粒发育进程,从而为制定相应的栽培措施提供依据。其做法是根据器官建成规律调查各营养器官的分化、发展和衰亡时期及其持续时间,观察穗分化(禾谷类作物)和花芽分化进程,追踪小穗、小花(或花芽)分化数、退化数(或脱落数)和成粒数及其临界期,测定不同时期有效叶面积及各器官的干物重、碳素及氮素含量及碳氮比等,最后分析查明产量构成的各个因素。

如从外部器官的表现推断内部器官的发育进程;从营养器官特别是叶片分化和分蘖消长,分析穗数的形成过程;从穗分化过程中小穗小花的形成和退化时期来阐明单穗粒数的形成过程;从碳氮比分析器官兴衰和干物质的消长关系;从营养器官和结实器官干物质分配比例等分析经济产量的形成过程以及分析穗数、粒数和粒重之间相互制约的关系等。通过生育状况的分析,评价某种栽培技术措施的作用和优劣,从而制定出相应的栽培技术措施。

### （六）模拟模型研究法

作物生产系统是一个复杂的多因子系统,受气候、土壤、作物及栽培管理技术等因素的影响。在综合考虑这些因子的相互作用,预测和分析作物生长趋势等方面,作物信息技术有着其他工具不可替代的优势。而作物模拟模型则是作物信息技术中的一个重要组成部分。它在快速决策农艺措施的效应等方面起着重要作用。作物生长模拟系统是用系统的观点,把作物生产看成是一个由作物、环境、技术、经济4个要素构成的整体系统,综合多种相关学科的理论 and 成就,通过建立数学模型来描述作物生长发育、器官建成和产量品质形成等与环境之间的数学关系,并在计算机上实现模拟作物生产全过程的一个软件系统。作物生产管理决策系统是以作物模拟模型为中心,与知识工程和专家系统、决策支持系统等一起构成的用于作物生产管理和生产决策的大型软件系统,是作物模拟模型发展的最终目的,是其向综合性和应用性发展的表现。

经验积累研究法,综合丰产试验法所获研究结果只能是定性的,产量对比研究法对某项因素和措施有定量功能,但对整体来讲仍是定性的。从发育研究法、生长分析法到模拟模型栽培法,动态地进行定量研究的成分越来越多,而定量化和动态化的研究是各学科现代化水平的重要标志。