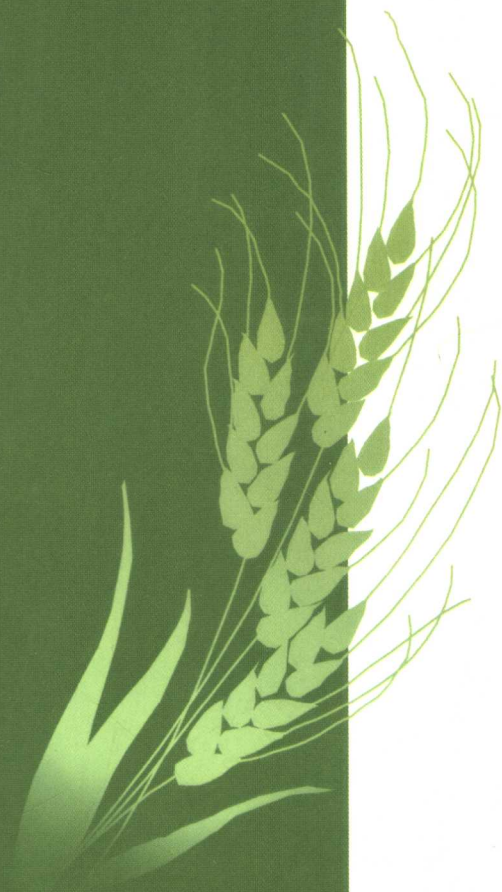
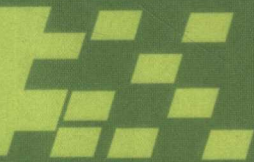




全国高等农林院校规划教材

曹卫星◎主编

作物栽培学总论



科学出版社
www.sciencep.com

全国高等农林院校规划教材

作物栽培学总论

曹卫星 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书在概述栽培作物的起源与分布、作物栽培学的形成与特征的基础上,重点介绍了作物生长发育特征和器官建成规律、源-库-流关系与产量和品质形成规律、作物与环境关系及生态适应与调控机制、作物栽培的关键技术措施及应用实例等。全书内容体系着重突出作物栽培学基本理论和关键技术的一般规律性和普遍适用性,具有良好的基础性和系统性,有助于全面理解和掌握作物栽培学总论的科学内涵。

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。

图书在版编目(CIP)数据

作物栽培学总论/曹卫星主编. —北京:科学出版社,2006

(全国高等农林院校规划教材)

ISBN 7-03-017435-6

I. 作… II. 曹… III. 作物-栽培-高等学校-教材 IV. S31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 063401 号

责任编辑:甄文全/责任校对:张 琪

责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 8 月 第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006 年 8 月 第 一 次 印 刷 印张:25 1/4

印数:1—3 000 字数:576 000

定 价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(路通))

《作物栽培学总论》编写委员会

- 主 编** 曹卫星
- 副主编** 王 璞 周治国 李存东
- 编 者** (以姓氏拼音排序)
- 曹 湊 (华中农业大学)
- 曹 卫 星 (南京农业大学)
- 崔 国 贤 (湖南农业大学)
- 丁 艳 锋 (南京农业大学)
- 董 树 亭 (山东农业大学)
- 樊 高 琼 (四川农业大学)
- 冯 佰 俐 (西北农林科技大学)
- 郭 文 善 (扬州大学)
- 黄 璜 (湖南农业大学)
- 黄 见 良 (华中农业大学)
- 姜 东 (南京农业大学)
- 李 存 东 (河北农业大学)
- 林 文 雄 (福建农林大学)
- 马 凤 鸣 (东北农业大学)
- 潘 晓 华 (江西农业大学)
- 时 向 东 (河南农业大学)
- 汤 一 卒 (南京农业大学)
- 陶 洪 斌 (中国农业大学)
- 王 璞 (中国农业大学)
- 温 圣 贤 (湖南农业大学)
- 杨 文 钰 (四川农业大学)
- 张 保 军 (西北农林科技大学)
- 张 凤 路 (河北农业大学)
- 张 国 平 (浙江大学)
- 张 吉 旺 (山东农业大学)
- 赵 全 志 (河南农业大学)
- 周 治 国 (南京农业大学)
- 朱 艳 (南京农业大学)
- 朱 新 开 (扬州大学)

前 言

作物栽培学是农业科学中农学领域的应用学科，涉及作物生理、作物生态、作物管理等不同方向。其主要内涵是以作物生长发育为主线，以作物与环境关系为途径，以栽培技术措施为手段，探索实现“作物-环境-技术”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。作物栽培学是作物学与农学的基本组成部分，在作物生产、粮食安全及现代农业发展中具有重要的地位和作用。

中国的作物栽培因其独特的自然和社会条件，长期以来一直以提高单位面积产量为目标，围绕作物生长发育与产量形成的生物学过程及其调控途径，进行了深入系统的研究，在国际上独树一帜，许多工作处于前沿水平。但由于传统的作物栽培研究局限于特定的地理环境和生态条件，对理论问题缺少一般规律性，技术问题缺乏普遍适用性。在一定程度难免影响了作物栽培学的理论发展和学科地位。

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，尤其在以下三个领域最为活跃：一是在传统作物生长调控理论的基础上，研究优质、高产、高效、生态、安全的作物生产理论和技术途径；二是将现代生物学的理论与方法应用于作物栽培学的研究，以综合调控作物生长、提高作物产量、改善作物品质；三是利用现代信息技术，将“作物-环境-技术”的关系进行系统分析和动态模拟，建立作物模型与管理系统，实现作物栽培的定量化和信息化。

本书是在前人工作的基础上，针对传统作物栽培学存在的“理论缺少系统性、技术缺乏普适性”问题，考虑到当前作物栽培学的发展热点和研究进展，着眼于对作物栽培学一般规律与关键技术的综合和提炼，构建作物栽培学总论的基本框架和内容体系。因此，全书的组织结构紧紧围绕作物生长发育与产品形成规律、作物与环境关系、作物栽培管理技术三大模块，着力增强作物栽培学基本理论和关键技术的一般规律性和普遍适用性，从而尽量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。

本书共分二十三章，在概述作物栽培学基本概念与特征、栽培作物起源与分布的基础上，重点介绍了作物生长发育特征和器官建成规律、源-库-流关系与产量和品质形成规律、作物与环境关系及生态适应与调控机制、作物栽培的关键技术措施及应用实例等。全书内容的组织安排体现了一定的基础性和系统性。在具体的教学活动中，应根据有关内容配合必要的实验和实习，以有利于学生更好地理解和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。

全书的编写人员在其相关领域具有代表性和权威性，从而确保了各章内容的先进性和科学性。本书在各章分工编写的基础上，由曹卫星教授和周治国教授负责审改和统稿工作，力求整体内容体系的前后衔接与协调统一。在本书的准备和写作过程中，得到了各位编者及同事的大力支持和帮助，他们提出了宝贵的建议和意见。在此，一并表示诚挚的感谢。

由于受时间和精力限制，特别是受学识水平的影响，本书还有许多需要改进之处，恳切希望同行们提出批评和建议，以共同推进作物栽培学总论的教学工作。

编者

2006年4月

目 录

前言

第一章 作物的起源、分布与利用 1

第一节 作物的起源 1

一、植物的多样性与适应性选择 1

二、栽培作物的传播与演变 2

三、作物起源的研究 2

第二节 作物的分布 4

一、栽培作物的历史考证 4

二、世界栽培作物的分布 5

三、中国栽培作物的分布 11

四、我国的作物产品国际贸易 17

第三节 作物的分类与利用 18

一、作物的分类 18

二、作物的利用 22

第二章 作物栽培学的形成与特征 24

第一节 作物栽培学的形成与发展 24

一、作物栽培学的形成 24

二、作物栽培学的发展 25

第二节 作物栽培学的内涵与特征 28

一、作物栽培学的内涵 28

二、作物栽培学的特征 29

第三节 作物栽培学的任务与作用 29

一、作物栽培学的任务 30

二、作物栽培学的作用 30

第四节 作物栽培学与相关学科的关系 31

一、作物栽培学综合运用其他学科的

科技成果 31

二、作物栽培学的发展也充实和补充了

其他学科 32

第三章 作物的生育时期和生育期 34

第一节 作物的阶段发育 34

一、作物的温光反应特性与阶段发育

..... 34

二、作物器官发生与阶段发育 38

三、阶段发育在生产上的应用 40

第二节 作物的物候期与生育时期 40

一、作物的物候期 40

二、作物的生育时期 41

第三节 作物生育期和气候生长期 42

一、作物的生育期 42

二、气候生长期 43

第四章 作物的器官建成 46

第一节 作物种子萌发 46

一、作物种子分类 46

二、作物种子萌发过程 46

三、种子发芽的条件 47

四、种子的寿命和种子休眠 48

第二节 作物器官发育 49

一、根的生长 49

二、茎的生长 52

三、叶的生长 53

四、花的发育 55

五、种子和果实的发育 59

第三节 作物器官生长的相关性 62

一、营养生长与生殖生长的关系

..... 62

二、地上部生长与地下部生长的关系

..... 63

三、作物器官的同伸关系 64

第五章 作物的群体动态 66

第一节 作物群体结构 66

一、作物群体结构 66

二、作物群体功能 70

第二节 作物群体发育动力学 72

一、作物生长与发育 72

二、作物生育期和生育时期 72

三、作物生长的一些相关关系 74

第三节 作物群体与个体的关系 76

一、作物个体的田间分布 76

二、作物个体与群体的协调机制

..... 77

三、群体生产力形成 79

第四节 作物生长分析 84

一、作物生长分析 84

二、叶面积和光截获 84

三、叶日积 86

四、作物群体生物量积累	86	第三节 作物产品品质形成机制	132
第六章 作物的源-库-流理论	89	一、作物产品品质形成过程	132
第一节 作物的源	89	二、作物产品品质形成的影响因素	135
一、源的概念	89	第四节 提高作物产品品质的途径	138
二、源强的量度	91	一、培育和选用优质作物品种	138
三、影响作物源的建成和生产能力的		二、建立优势农产品产业带	138
主要因素	93	三、改善栽培技术措施	138
第二节 作物的库	96	第九章 作物生长发育与光照	141
一、库的概念	96	第一节 作物生长发育对光照的需求	141
二、库强的量度	97	一、对光照强度的需求	141
第三节 作物的流	100	二、对光质的需求	143
一、流的概念	100	三、对光照时间的需求	144
二、流强的量度及其影响因素	100	第二节 作物群体结构和光分布	144
第四节 源-库-流关系	101	一、作物群体内光照的分布	144
一、作物的源库类型	102	二、太阳光在作物群体中的反射、	
二、作物的源-库-流关系	102	透射与吸收	145
三、作物源-库-流理论在作物生产中的		第三节 作物光合生产潜力	145
应用	105	一、作物光合生产潜力	145
第七章 作物产量形成	107	二、作物光能利用率及其提高途径	147
第一节 作物产量类型	107	第十章 作物生长发育与温度	153
一、作物产量概念	107	第一节 作物与温度关系的基本指标	153
二、生物产量与经济产量之间的关系	108	一、三基点温度	153
第二节 作物产量构成因素	110	二、温度临界期	154
一、产量的构成因素	110	三、积温及无霜期	154
二、产量构成因素的形成特点	110	第二节 温度对作物生长发育的影响	156
三、产量构成因素间的相互关系	112	一、温度对发芽、出苗与生长的影响	156
第三节 作物产量形成的生理机制	115	二、温度对产量和品质的影响	156
一、作物产量的物质来源	115	第三节 温度与作物分布	157
二、产量物质的接受机制	119	一、喜凉作物	157
三、产量内容的运输和分配	120	二、喜温作物	159
第四节 作物高产途径	123	第四节 作物光温生产潜力	160
一、作物产量现状和潜力	123	一、作物光温生产潜力	160
二、提高作物产量的途径	125	二、我国的作物光温生产潜力	161
第八章 作物产品品质形成	128	第五节 农艺措施对温度的影响	164
第一节 作物产品品质类型	128	一、灌溉与温度	164
一、禾谷类作物产品品质	128	二、土壤耕作与温度	165
二、经济作物产品品质	129		
第二节 作物产品品质指标	129		
一、作物产品品质指标	129		
二、优质专用作物产品品质标准	130		

三、覆盖与土壤温度	166	二、主要大气污染物对作物的影响	192
第十一章 作物生长与水分	167	三、主要大气污染物对作物的间接伤害	194
第一节 作物与水分关系的基本指标	167	第十三章 作物生长与矿质营养	196
一、土壤水	167	第一节 作物对矿质营养的需求	196
二、水势	169	一、作物必需的营养元素	196
三、作物需水量和需水临界期	170	二、作物必需营养元素的生理功能	197
第二节 水分与作物分布	172	第二节 作物对矿质营养的吸收与利用	199
一、年降水总量与作物分布	172	一、作物对矿质营养的吸收	200
二、年降水量的季节分配与作物分布	173	二、矿质营养在作物体内的运转和利用	203
三、灌溉条件与作物生产	174	第三节 养分胁迫对作物生长的影响	204
第三节 水分胁迫对作物生长的影响	174	一、氮素胁迫对作物生长的影响	204
一、水分亏缺对作物的影响	174	二、磷素胁迫对作物生长的影响	205
二、涝渍对作物的影响	177	三、缺钾对作物生长的影响	205
第四节 作物光温水生产潜力	178	四、缺钙对作物生长的影响	206
一、光温水生产潜力	178	五、缺镁对作物生长的影响	206
二、提高作物的光温水生产潜力的途径	179	六、缺硫对作物生长的影响	206
第五节 提高作物水分利用率的途径	180	七、缺铁对作物生长的影响	206
一、作物水分利用效率	180	八、缺硼对作物生长的影响	207
二、提高水分利用效率的途径	180	九、锰胁迫对作物生长的影响	207
第十二章 作物生长与大气	183	十、铜胁迫对作物生长的影响	207
第一节 作物与大气的关系	183	十一、锌胁迫对作物生长的影响	208
一、作物与 CO ₂	183	十二、钼胁迫对作物生长的影响	208
二、作物与 O ₂	183	十三、氯胁迫对作物生长的影响	208
三、作物与大气中其他气体	184	第四节 农艺措施对矿质营养的影响	208
四、作物与风	184	一、科学施肥, 提高肥料利用率	209
第二节 CO ₂ 浓度对作物生长的影响	185	二、合理耕作, 以耕促肥	210
一、CO ₂ 浓度对作物生产的直接影响	186	三、合理灌排, 以水促肥	210
二、CO ₂ 浓度对作物生长的间接影响	188	四、轮作换茬, 调节土壤肥力	210
第三节 农艺措施对 CO ₂ 浓度的影响	189	第十四章 作物生长与土壤	212
一、地膜覆盖对 CO ₂ 浓度的影响	190	第一节 土壤特性与作物生长	212
二、间作套作复合种植对 CO ₂ 浓度的影响	190	一、土壤物理特性与作物生长	212
三、施肥与 CO ₂ 浓度	191	二、土壤化学特性与作物生长	221
四、无土栽培	191	第二节 土壤质量与作物生产力的关系	225
第四节 大气污染对作物生长的影响	191	一、土壤质量的提出与发展	225
一、大气污染对作物的影响	191	二、我国土壤质量的现状及其对作物生产力、农业生产的影响	226

三、土壤质量的评价指标与评价体系	228	第二节 土壤生产力培育	268
四、提高我国土壤质量的紧迫性、对 策与措施	228	一、土壤生产力表现的形式	269
第三节 土壤障碍对作物生长的影响 ...	231	二、影响土壤生产力的主要因素 ...	269
一、土壤障碍发生的原因及现状 ...	231	三、土壤生产力培育的措施	270
二、土壤次生盐渍化障碍及对作物 生长的影响	232	第三节 土壤耕作方法	271
三、土壤连作障碍及对作物生长的 影响	233	一、翻耕法	272
四、土壤酸化障碍及对作物生长的 影响	234	二、深松耕法	272
五、土壤养分缺乏与过剩障碍及对 作物生长的影响	234	三、旋耕法	273
第四节 土壤污染对作物生长的影响 ...	240	四、覆盖耕作法	273
一、我国土壤污染的现状	240	五、少免耕法	274
二、土壤污染对作物生长的影响 ...	241	第四节 少免耕技术	275
三、土壤污染的治理与生物修复 ...	241	一、概念与由来	275
第十五章 作物区划与布局技术	243	二、少免耕的优缺点	277
第一节 作物空间区划	243	三、技术原理	278
一、作物空间区划的目的意义	243	四、应用条件与展望	279
二、作物空间区划的分区依据	243	第十七章 播种移栽技术	281
三、作物空间区划的划分方法	244	第一节 种子处理	281
四、中国种植业区划体系	246	一、种子精选	281
第二节 作物种植布局	250	二、种子预处理	281
一、作物布局	250	第二节 播种技术	285
二、作物种植方式	253	一、播种期的确定	285
第三节 作物群体互作	254	二、播种量的确定	286
一、作物的群体特征	254	三、播种方法	287
二、作物群体结构与指标体系	255	第三节 育苗移栽技术	288
三、作物复合群体理论与技术	257	一、育苗方式	288
第四节 作物品种搭配	259	二、苗床管理	291
一、作物品种的概念	260	三、移栽技术	294
二、品种选择的原则	260	第四节 合理密植	294
三、品种合理布局 and 搭配	261	一、合理密植的增产作用	294
第十六章 土壤耕作技术	262	二、种植密度的确定	295
第一节 土壤类型与利用	262	三、合理密植的方式	296
一、富铁土与铁铝土	262	第十八章 覆盖栽培技术	297
二、淋溶土	264	第一节 覆盖栽培的类型	297
三、锥形土	265	一、砂石覆盖栽培	297
四、均腐土	265	二、塑料薄膜覆盖栽培	298
五、人为土	266	三、秸秆覆盖栽培	298
六、盐碱土	266	四、作物全程覆盖栽培	299
		五、作物生育期间覆盖栽培	299
		第二节 覆盖的生态效应与增产机理 ...	299
		一、覆盖的生态效应	300
		二、覆盖的增产机理	307
		第三节 覆盖栽培管理	308
		一、全生育期地膜覆盖穴播小麦栽培	308

二、垄盖膜际精播小麦栽培	309	四、栽培措施对涝渍害的作用	346
三、全程微型聚水两元覆盖小麦栽培	310	第二十一章 灾害防控技术	347
四、旱地玉米地膜覆盖栽培技术	312	第一节 病虫害防治	347
五、砂田的栽培管理	315	一、病虫害的预测	347
第四节 覆盖物的污染防治	316	二、病虫害的防治技术	348
一、农业污染问题	316	第二节 杂草防控	349
二、覆盖物污染的防治对策	316	一、农业防控	349
第十九章 肥料运筹技术	318	二、化学防控	349
第一节 养分作用规律与施肥原则	318	三、生物防控	350
一、养分作用规律	318	四、生物技术在农田杂草防控中的	350
二、施肥原则	319	应用	350
第二节 作物肥料运筹	320	第三节 气象灾害防控	351
一、影响肥效的因素	321	一、干旱	351
二、作物营养的临界期和最大效率期	322	二、洪涝和渍涝	353
三、推荐施肥技术与施肥量的确定	322	三、冷害	354
第三节 肥料种类与施用技术	325	四、冻害	354
一、肥料种类	325	五、高温热害	356
二、施用技术	327	第四节 防倒伏技术	356
第二十章 水分管理技术	330	一、倒伏的原因	356
第一节 作物的需水规律与合理灌溉指标	330	二、防治倒伏的措施	357
一、作物需水规律	330	第二十二章 化学调控技术	358
二、合理灌溉指标	331	第一节 植物激素与植物生长调节剂	358
三、灌溉定额和灌溉制度	332	一、植物激素	358
第二节 作物灌溉技术	333	二、植物生长调节剂	359
一、农田灌溉	333	第二节 植物生长调节剂的种类与作用	359
二、地面灌溉技术	334	一、植物生长促进剂	359
三、喷灌技术	336	二、植物生长延缓剂	361
四、微灌技术	337	三、植物生长抑制剂	363
第三节 节水栽培技术	338	第三节 植物生长调节剂的应用	364
一、节水农业与节水灌溉	338	一、休眠和萌发的化学调控	364
二、农业节水的途径	339	二、营养生长的化学调控	365
三、节水栽培技术	340	三、生殖生长的化学调控	366
四、节水灌溉模式	342	四、品质的化学调控	367
第四节 涝渍害防治	344	五、逆境反应和抗性的化学调控	368
一、排涝的标准	344	第四节 植物生长调节剂使用中应注意的	369
二、排水的方式	345	问题	369
三、排水对土壤理化性状的影响	345	一、严格施用浓度	369
		二、严格施用时期	370
		三、谨慎混合施用	370
		四、结合良种及栽培措施	370

五、注意用药的安全性	370	四、系统模拟技术	376
第二十三章 数字栽培技术	371	五、人工智能技术	376
第一节 数字栽培技术的形成、内涵和		六、管理决策技术	377
特征	371	七、信息服务技术	378
一、数字栽培技术的形成	371	第三节 数字栽培的应用实例	379
二、数字栽培技术的内涵	372	一、栽培方案的数字化设计	379
三、数字栽培技术的特征	372	二、生长动态的数字化监测	379
第二节 数字栽培的支持技术	373	三、实时苗情的数字化调控	382
一、数据库技术	373	四、产量品质的数字化预测	382
二、空间信息技术	374	五、农作信息的数字化服务	384
三、遥感监测技术	374	主要参考文献	386

第一章 作物的起源、分布与利用

目前世界上人工栽培的植物约 1500 种，统称为作物，可分为农作物、园艺作物和林木三类。中国是世界上最早最大的农业发源地和栽培作物起源中心。世界谷类作物主要集中在亚洲和欧洲；薯类、豆类在非洲和亚洲；纤维及嗜好作物在亚洲；糖料作物在亚洲和南美洲。作物作为农业生产系统的核心及作物学的主要研究对象，与人类食品的数量和质量密切相关。了解农作物的分类、起源、分布和生产状况，有助于认识和把握作物进化的特点、生态适应性及在农业经济发展中的重要作用。

第一节 作物的起源

植物是生物种群 (population) 的主要组成成分，估计自然界已知植物的总数就有 50 余万种。它们以各自的形态、结构、生活习性生长分布在不同的气候带、水域陆地、海拔、地形地貌。

一、植物的多样性与适应性选择

植物界如此复杂多样，有单细胞低等植物，也有分化程度很高、结构复杂的高等植物；有的肉眼不可见，也有的高大参天；高等植物中也有一年生、多年生的不同类型。植物界的多样性 (diversity) 是经历由原始植物的渐进进化进程发展形成的。

植物进化进程中，同一种植物经历不同的传播途径，生长分布在不同的自然生态条件下进化形成新的适应性生态型 (ecotype) 植物种类；多种植物类型生长于相对一致的自然生态条件下，又形成了适应于同一生态区域的生活型 (living form) 植物种群。由此形成的许多新的野生植物种是自然生态条件下适者生存、不适者消亡的自然选择 (natural selection) 的结果，也为植物的多样性创造了极为丰富的种质资源 (germ-plasm resource)。

原始人类采集天然野生植物和渔猎野生动物维持生存的本能劳动实践开创了人类认识、改造自然界的先河，以至于人类采集野生植物加以利用的活动一直保持到今天。人类的祖先在采集植物的活动中，逐渐注意并认识到可采用的植物种类及相适应的采集季节，注意并认识到植物的果实、种子、块根 (茎) 等的可繁殖现象和分离保护办法，并逐渐发展到从以采集野生植物作为食物和衣物转变为有意识的栽培某些植物种，从而开始了种植业。经过驯化培育成的许多适应于人类生活需要和新的自然生态环境的新的植物种类是人类有意识人工选择 (artificial selection) 的结果。这些被驯化培育的新植物种类发展成一定的栽培规模被称为作物。薯类和禾谷类可能是最早被驯化利用的作物。农业的出现和发展，使原始社会人类在经济、社会和文化方面都获得了很大的发展。原始农业也为农业的发展储备了大量的作物种质资源，据研究，人类在原始农业时期试种的栽培植物大约有 3000 种，经过长期选择、传播而现存的农作物有 1500 多种。

现代生物技术的发展应用，现代人类可以根据人类的需要目标，创造并选育出许多

新的遗传基因型作物品种和遗传资源，也为植物的多样性开拓了更加广阔的前景。

二、栽培作物的传播与演变

野生植物在人类未干预条件下的传播 (dissemination)，凭借风、雨、水流以及动物活动等自然因素进行，有的在繁殖器官成熟时破裂的弹力作用下向外传播。随着传播至新生态条件下的自然选择产生的变异形成了新的种类，甚至其后代与新生态条件下的物种异交产生特异类型。自然传播的范围和距离是十分有限的，因而植物种群的扩展是缓慢的。

作物的传播除表现野生植物的传播方式外，突出表现以人类活动、人类迁徙为主要传播途径，即人类有目标的引种传播。古代农业和传统农业中的栽培作物传播随人类通过陆路或水路迁徙踪迹而发展，陆路传播一般随人类迁徙的渐进形成作物种类和品种的辐射，水路传播一般随人类迁徙形成沿海岸线扩展或跨海型扩展。丁颖 (1957)、柳子明 (1975) 研究认为栽培稻可能发源于中国云贵高原和东南亚各大河流域，并沿着大河川的河谷及河谷间的路径扩散至各大河流域下游；约在公元前 12 世纪由海路东传至日本，约在公元前一千年以前传至菲律宾，稻种也由籼型野生稻分化演变成籼亚种和粳亚种两大类型。而发源于近东的普通小麦，经陆路传播到中国和欧洲，进一步由海路远传到非洲，15 世纪末传入印度群岛，18 世纪引入澳大利亚。发源于中美洲的玉米，由海路传入西班牙，再由陆路传至欧洲和中东，16 世纪 30 年代传入东亚，经好望角海路传到马达加斯加、印度和东南亚各国，并演变发展为 2 个种 9 个亚种类型。

世界历史上著名的中国通往西方的丝绸之路、哥伦布开辟好望角航行发现美洲新大陆、阿拉伯人公元 8~10 世纪经商活动等，都有力地推进了作物在东西方向的大量相互传播。经过传播交流的作物类型，有的在异地生长更好，有的发展更快。如原产中国的大豆，现在北美洲、南美洲栽培面积最大、单产最高、品种类型也丰富。原产于南美的花生，现在印度和中国栽培面积最大。原产于南美的马铃薯，现成为欧洲各国主要食品作物。原产于中美洲高原的陆地棉，传入亚洲，中国和印度成为最大的产棉国。作物的传播依赖于农业社会发展的交通、信息条件，古代农业由于交通不便、信息不发达，农作物类型传播到新的生态区域形成一定栽培规模需要几百年乃至上千年时间。到中世纪，玉米、甘薯、棉花的传播发展则仅用几十年至近百年时间。而到现代，矮秆稻、麦品种类型的传播发展只用了几年至几十年时间。现代生物技术的广泛应用，甚至只需 1~2 年时间就能完成一个作物品种的传播发展和新种质类型的创造，而以最快的速度推进世界范围作物生产的发展。如近几年棉花 Bt 抗虫基因在我国广泛应用就迅速有效地推进了我国的抗虫棉花生产。应该引为重视的是，现代作物的传播不能忽视由于不慎引进一个有害作物 (基因) 可能对某一生态区域的作物生产造成的严重危害，特别是对区域性食品安全和生物安全可能引发的危害。

三、作物起源的研究

研究作物的起源 (origin)，历来受到植物学家、作物遗传育种学家和栽培学家、生态学家的重视，研究对丰富作物的遗传变异“基因库”、改良作物的产量和品质性状、培育更多有价值的作物品种以及提高植物资源的种群生态利用效率都具有重要的价值。从林奈到达尔文和孟德尔，都先期开展了作物的起源研究，瑞士植物学家德·抗多尔

(de Candolle) 曾对 477 种栽培植物起源进行研究, 于 1883 年出版《栽培植物的起源》。20 世纪 20 年代起以前苏联植物学家瓦维洛夫 (N. I. Vavilov) 为代表经系统研究出版《栽培植物的起源中心》, 40 年代后, 达灵顿和贾奈基·阿马尔 (C. D. Darlington 和 E. K. Janaki Ammal 1945)、哈伦 (J. K. Harlan 1951)、茹可夫斯基 (T. T. M. Kykobckhn 1968)、泽文 (A. C. Zeven) 和茹可夫斯基 (1975) 通过研究提出修改意见, 进一步发展了作物起源中心学说。

(一) 作物起源中心学说的形成

瓦维洛夫等借助植物形态分类、杂交验证、细胞学、免疫学等手段, 组织对世界 60 多个国家采集到的 30 多万份作物及其近缘亲属的样本进行系统研究, 并以考古学、历史和语言学对植物地理划分加以修改, 形成了作物起源中心 (center of origin of crop) 概念, 提出了作物起源中心学说 (theory of origin center of crop), 明确了作物起源中心具有基因多样性和显性基因 (dominant gene) 频率较高两个主要特征, 分为最初起源中心——原生起源中心 (primary origin center) 和扩散至边缘地点形成的隐性基因 (recessive gene) 控制的多样化地区——次生起源中心 (secondary origin center), 一定生态环境中的作物间在遗传性状上存在相似平行现象 (遗传变异性的同源系列规律), 作物可分为人类有目的驯化地原生作物和伴随原生作物分离出的次生作物。作物起源中心初步确定了世界作物起源的 8 个作物起源中心 (原生) (表 1-1)。

表 1-1 8 个作物起源中心 (原生)

分类	起源中心	包括的作物和物种
I	中国-东亚中心	包括 11 种作物 136 物种
II	印度中心	包括 15 种作物 117 物种
III	中亚西亚中心	包括 15 种作物 42 物种
IV	西亚中心	包括 20 种作物 83 物种
V	地中海中心	包括 6 种作物 84 物种
VI	埃塞俄比亚中心	包括 15 种作物 38 物种
VII	南美和中美中心	包括 9 种作物 49 物种
VIII	南美中心	包括 7 种作物 62 物种

(二) 作物起源中心学说的发展

瓦维洛夫提出作物起源中心学说后, 又于 1935 年出版了《育种的植物地理基础》, 其中的一些基本理论至今仍有着重要的指导作用, 瓦维洛夫的作物起源中心学说也在后人的研究工作中引起争论和修改。1945 年, 达灵顿和贾奈基·阿马尔对瓦维洛夫的 8 个起源中心做出了补充修订, 将世界作物起源或多样性中心划分为 12 个起源中心。1951 年, 哈伦提出作物的起源与变异要从空间和时间两方面来论证, 并根据作物扩展面积的远近和大小将作物的起源分为 5 种类型。1968 年, 茹可夫斯基提出大基因中心观念, 1975 年泽文和茹可夫斯基共同编写了《栽培植物及其变异中心检索》, 对 12 个基因中心扩大了地理基因中心起源概念 (图 1-1)。

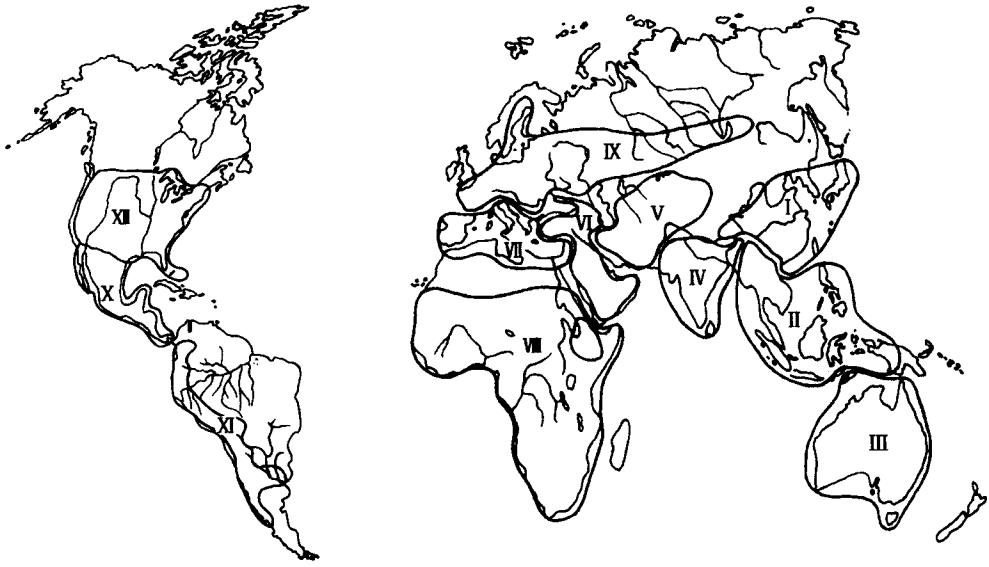


图 1-1 世界作物起源地理基因中心

- I. 中国-日本中心, 确认中国为栽培稻、黍、稷、粟、大麦、荞麦、大豆、裸燕麦等作物的初生基因中心, 为普通小麦、高粱等作物的次生基因中心; 日本为由中国发展的次生基因中心;
- II. 印度支那-印度尼西亚中心, 确认爪哇稻和芋的初生基因中心和丰富的热带野生植物资源;
- III. 澳大利亚中心, 确认烟草的初生基因中心和野生稻种;
- IV. 印度斯坦中心, 确认栽培稻、甘蔗、绿豆、红豆、豇豆、棉等初生基因中心和许多热带果树;
- V. 中亚西亚中心, 确认栽培小麦、豌豆、山豆等初生基因中心;
- VI. 近东中心, 确认栽培小麦、黑麦初生基因中心;
- VII. 地中海中心, 确认燕麦、甜菜、亚麻、三叶草、羽扇豆等次生基因中心;
- VIII. 非洲中心, 确认高粱、棉、栽培稻等初生基因中心;
- IX. 欧洲-西伯利亚中心, 确认甜菜、苜蓿、三叶草等初生基因中心;
- X. 南美洲中心, 确认马铃薯、花生、木薯、烟草、栽培稻、苋菜等初生基因中心;
- XI. 中美洲-墨西哥中心, 确认甘薯、玉米、栽培稻等初生基因中心;
- XII. 北美洲中心, 确认向日葵、羽扇豆等初生基因中心。

第二节 作物的分布

人类从以采集野生植物转变为驯化培育栽培植物发展到规模化种植, 并通过传播途径产生新的种质资源和扩大栽培作物的种植范围, 使得许多作物遍布世界各地为人类提供丰富的可利用资源。不仅形成了与自然生态环境相适应的若干作物起源中心, 而且也充分显示出人类社会挑战自然生态环境, 改造利用作物资源的创造力。

一、栽培作物的历史考证

人类栽培作物的历史悠久。大约在一万年前的旧石器时代晚期进入新石器时代起就出现了农耕。中国已发现的有栽培稻的物证遗存遗址约有七八十处, 江西万年县仙人洞和吊桶环遗址出土的水稻植硅石距今一万多年, 广东英德市牛栏洞出土了一万年前人工栽培的水稻硅质体, 湖南道县玉蟾岩遗址出土了一万多年前的栽培稻谷, 湖南澧县八十垱遗址出土了大量距今约 9000 年的栽培稻谷, 河南舞阳贾湖遗址也出土了距今 8000 多

年前的稻谷印纹。浙江河姆渡文化遗址经考证距今 6900 年，发现炭化的稻谷 100 吨以上和堆积的稻草、稻壳，经鉴定为栽培稻种的籼稻、粳稻及过渡类型。由此充分证明我国不仅是栽培稻的发源地，且栽培历史达一万年以上。而甘肃泰安大亚湾遗址、陕西岐山县斗鸡台、西安半坡村新石器遗址出土的粟表明，我国栽培粟已有 8000 年左右的历史，并在六七千年前已经培育出粟品种。叙利亚姆雷贝特地区大约在公元前 7000 年开始栽培野生小麦和大麦；土耳其安纳托利亚的哈西拉尔人在公元前 5000 年就已栽培小麦和大麦，表明西南亚作为栽培小麦起源地，栽培小麦和大麦已有近一万年的历史。我国河南陕县东关庙底沟原始社会仰韶文化遗址发现麦类的印痕距今约有 7000 年左右，安徽亳县钓鱼台新石器时期遗址发现古代小麦的大量炭化籽粒，《春秋》、《诗经》中记载我国在公元前 2000 至公元 800 年小麦在黄河和淮河流域占着很重要的地位。玉米起源地美洲大陆，发掘的古代文化遗址中的玉米穗轴距今有 5000~7000 年，印第安人在公元前 5000 至公元前 6000 年的墨西哥土地上已经广泛种植玉米。据史载，玉米传入我国栽培的时间大约在 16 世纪初，李时珍《本草纲目》（明代，16 世纪）记载称为“莽麦”、“玉蜀黍”。大豆起源于中国，古代称大豆为“菽”大约已有 5000 多年的栽培历史，大豆引至北美栽培命名“SOY”即由“菽”音译而成。美国和巴西现在是世界上最重要的大豆产地。纤维作物棉花已有很长的栽培时间，起源于非洲的草棉，据哈伦证明（1975）引入近东人工栽培至少是在公元前 7000 年。印度河流域（巴基斯坦信德地区）摩亨朱·达罗古墓出土的三件棉织品（Culati et al. 1929）被认为可能是公元前 3000 至公元前 2750 年的亚洲棉纤维纺织品。墨西哥泰坎河各地区出土的陆地棉遗迹被证明时间约在公元前 3500 至公元前 2300 年（Smith et al. 1971），而在秘鲁安孔、契隆地区发现公元前 2500 年至公元前 1750 年的海岛棉果实、叶和纤维遗物。原产我国的纤维作物苧麻，我国浙江省吴兴县钱三漾出土的苧麻布和麻绳遗物已有 4700 年历史。在中国新石器时代的西安半坡原始社会遗址，发现了距今六七千年的碳化油菜籽。

二、世界栽培作物的分布

世界栽培作物的分布（distribution）与作物起源中心及其传播的区域密切相关，也与作物对自然资源（气候条件、地理环境）和社会资源（社会经济条件、生产技术水平和社会市场需求）的适应性密切相关，同一作物在相对一致的自然生态范围的不同地域的栽培历史的长短和种植规模可能存在较大的差异和变化。

（一）主要作物的分布和生产

全世界用于栽培作物的可耕地面积约为 14 亿至 15 亿公顷。随着现代农业新技术、新材料、新能源不断应用于作物生产，推进了作物的产量和品质的提高，也形成了一些特色作物，但从总体上看，谷物、油料等作物总是保持相对稳定的规模和种植分布区域。

1. 禾谷类作物

谷物是人类的主粮，全世界谷物的收获面积，据联合国粮农组织 2003 年统计为 6742.383 万公顷，占全部作物面积的 56.6%，总产量 20.75 亿吨。谷物遍及世界各国，主要有稻谷、麦类、玉米等。亚洲的谷物面积占世界总谷物面积 47%~48%，欧、非、北美洲约占 15%~19%（表 1-2）。中国、美国、印度、俄罗斯、尼日利亚、巴西、澳大利亚、加拿大是世界主要谷物生产国，总产以中国、美国最高分别占 21.7%、16.97%，印度的收获面积最大占 14.3%。