



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 作物栽培学总论

(第二版)

曹卫星 主编



科学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 作物栽培学总论

(第二版)

曹卫星 主编

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书共分四篇 23 章,介绍了作物栽培学的基本概念、形成与特征,主要栽培作物的起源、传播与分布,以及人类的应用。重点介绍了作物的生长发育特性、器官的形成及生长发育的相关性等作物个体生长与发育的基本规律;作物群体生长的基本特征与特性,作物群体物质生产中源、库、流的相互关系,作物产量构成因子、产量形成及产量潜力,以及品质形成规律与调控;作物与生态环境的关系,作物的生态适应性及环境对作物生长的调节作用。概括介绍了作物生产中普遍应用技术的应用原理与应用方法。

本书可作为农学专业的本科生和研究生教材,也可供从事农业生产技术研究与应用的教学、科研和管理人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

作物栽培学总论/曹卫星主编. —2 版. —北京:科学出版社,2011. 6  
(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)  
ISBN 978-7-03-031196-2

I. ①作… II. ①曹… III. ①作物-栽培-高等学校-教材 IV. ①S31  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 098270 号

责任编辑:丛楠 王玥 / 责任校对:林青梅  
责任印制:张克忠 / 封面设计:陈敬

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

2011 年 6 月第 二 版 印张:19 1/2

2011 年 6 月第二次印刷 字数:460 000

印数:1—3 000

定价:42.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 《作物栽培学总论》第二版编写人员

- 主 编** 曹卫星
- 副主编** 周治国 王 璞 李存东 张国平
- 编 者** (按姓氏汉语拼音排序)
- 曹卫星 (南京农业大学)
- 陈冬梅 (福建农林大学)
- 戴廷波 (南京农业大学)
- 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)
- 郭文善 (扬州大学)
- 黄见良 (华中农业大学)
- 黄义德 (安徽农业大学)
- 贾志宽 (西北农林科技大学)
- 姜 东 (南京农业大学)
- 李存东 (河北农业大学)
- 李召虎 (中国农业大学)
- 林文雄 (福建农林大学)
- 马凤鸣 (东北农业大学)
- 陶洪斌 (中国农业大学)
- 田晓莉 (中国农业大学)
- 王 璞 (中国农业大学)
- 王绍华 (南京农业大学)
- 杨文钰 (四川农业大学)
- 易镇邪 (湖南农业大学)
- 张保军 (西北农林科技大学)
- 张国平 (浙江大学)
- 张吉旺 (山东农业大学)
- 张美良 (江西农业大学)
- 赵全志 (河南农业大学)
- 周治国 (南京农业大学)
- 朱新开 (扬州大学)
- 朱 艳 (南京农业大学)

## 各章节负责人员名单

### 第一篇 作物栽培学概述

- 第一章 作物的起源、分布与利用 黄义德教授  
第二章 作物栽培学的形成与特征 丁艳锋教授

### 第二篇 作物生育和产品形成

- 第三章 作物的生育时期和生育期 马凤鸣教授  
第四章 作物的器官建成 张国平教授  
第五章 作物的群体动态 李存东教授  
第六章 作物的源-库-流理论 黄见良教授  
第七章 作物产量形成 姜东教授 曹卫星教授  
第八章 作物产品品质形成 周治国教授 曹卫星教授

### 第三篇 作物生长与环境关系

- 第九章 作物生长发育与光照 董树亭教授 张吉旺副教授  
第十章 作物生长发育与温度 郭文善教授 朱新开教授  
第十一章 作物生长与水分 陶洪斌副教授 王璞教授  
第十二章 作物生长与矿质营养 戴廷波教授  
第十三章 作物生长与土壤 王绍华教授  
第十四章 作物生长与大气 林文雄教授 陈冬梅副教授  
第十五章 作物区划与布局种植技术 贾志宽教授

### 第四篇 作物栽培技术

- 第十六章 土壤耕作技术 易镇邪副教授  
第十七章 播种移栽技术 张美良教授  
第十八章 覆盖栽培技术 张保军教授  
第十九章 肥料运筹技术 杨文钰教授 樊高琼教授  
第二十章 水分管理技术 王璞教授  
第二十一章 灾害防控技术 赵全志教授  
第二十二章 化学调控技术 李召虎教授 田晓莉教授  
第二十三章 作物栽培新技术 曹卫星教授 朱艳教授 郭文善教授  
林文雄教授 陈冬梅教授

## 第二版前言

作物栽培学是农业科学中农学领域的应用学科,是作物学与农学的基本组成部分。中国的作物栽培因其独特的自然和社会条件,主要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,在一定程度上影响了作物栽培学的理论发展。

本书针对传统作物栽培学存在“理论缺少系统性、技术缺乏普适性”的问题,立足于对作物栽培学一般规律与关键技术的综合和提炼,同时考虑到当前作物栽培学的发展热点和研究进展,构建作物栽培学总论的基本框架和内容体系。

在体系结构上,紧紧围绕作物生长发育与产品形成规律、作物与环境关系、作物栽培技术“三大模块”;在学术思想上,解决了以往许多书籍中作物栽培的理论还局限于特定地理环境和生态条件的问题,紧紧围绕“三大模块”进行综合,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;在内容范围上,在借鉴其他已出版同类书籍内容的基础上,针对当前作物栽培中的3个研究热点,增加了作物精确栽培、清洁栽培和分子栽培等方面的理论与技术。

本书分四篇23章,从作物栽培学的基本概念出发,重点介绍作物生长发育、产量品质形成及环境调控的一般规律,概括介绍作物栽培的基本技术。介绍了作物栽培学的基本概念、形成与特征,主要栽培作物的起源、传播与分布,以及人类的应用。重点介绍了作物的生长发育特性、器官的形成及生长发育的相关性等作物个体生长与发育的基本规律;作物群体生长的基本特征与特性,作物群体物质生产中源、库、流的相互关系,作物产量构成因子、产量形成及产量潜力,以及品质形成规律与调控;作物与生态环境的关系,作物的生态适应性及环境对作物生长的调节作用。概括介绍了作物生产中普遍应用技术的应用原理与应用方法。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、周治国教授、王绍华教授、姜东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,并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

2011年4月

# 第一版前言

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。在一定程度上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限制,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

## 第二版前言

## 第一版前言

### 第一篇 作物栽培学概述

<b>第一章 作物的起源、分布与利用</b> .....	1
第一节 作物的起源 .....	1
一、作物的起源 .....	1
二、作物的传播与演变 .....	1
三、作物起源的研究 .....	2
第二节 作物的分布 .....	3
一、世界栽培作物的分布 .....	3
二、中国栽培作物的分布 .....	7
第三节 作物的分类与利用 .....	10
一、作物的分类 .....	10
二、作物的利用 .....	13
<b>第二章 作物栽培学的形成与特征</b> .....	15
第一节 作物栽培学的形成与特征 .....	15
一、作物栽培学的形成 .....	15
二、作物栽培学的特征 .....	16
三、作物栽培学的发展 .....	17
第二节 作物栽培学的任务与作用 .....	19
一、作物栽培学的任务 .....	19
二、作物栽培学的作用 .....	20
<b>第二篇 作物生育和产品形成</b>	
<b>第三章 作物的生育时期和生育期</b> .....	22
第一节 作物的阶段发育 .....	22
一、作物的温光反应特性与阶段发育 .....	22
二、阶段发育在生产上的应用 .....	24
第二节 作物的生育期 .....	24
一、作物生育期的长短 .....	24
二、气候生长期 .....	25
三、作物生育期与产量 .....	25
第三节 作物的物候期与生育时期 .....	25
一、作物的物候期 .....	25
二、作物的生育时期 .....	26
<b>第四章 作物的器官建成</b> .....	27
第一节 作物种子发芽与出苗 .....	27
一、作物种子分类 .....	27
二、作物种子萌发过程 .....	27
三、种子发芽的条件 .....	28
四、种子的寿命和种子休眠 .....	29

第二节 作物器官建成 .....	30
一、根的生长 .....	30
二、茎的生长 .....	32
三、叶的生长 .....	33
四、花的发育 .....	35
五、种子和果实的发育 .....	38
第三节 作物器官生长的相关性 .....	39
一、营养生长与生殖生长的相互关系 .....	40
二、地上部生长与地下部生长的相互关系 .....	40
三、作物器官的同伸关系 .....	41
<b>第五章 作物的群体动态</b> .....	43
第一节 作物群体结构指标 .....	43
一、作物群体、作物群体结构概念 .....	43
二、作物群体结构指标 .....	43
第二节 作物群体与个体的关系 .....	45
一、群体的边缘效应 .....	45
二、作物个体与群体的协调机制 .....	46
三、作物群体生产力的形成 .....	47
第三节 作物生长分析 .....	48
一、作物生长分析的概念 .....	48
二、叶面积和光截获 .....	49
三、叶日积 .....	49
四、作物群体生物量积累 .....	50
<b>第六章 作物的源-库-流理论</b> .....	52
第一节 作物的源 .....	52
一、源的概念 .....	52
二、源强的量度 .....	54
三、影响作物源的建成和生产能力的 主要因素 .....	55
第二节 作物的库 .....	57
一、库的概念 .....	57
二、库强的量度 .....	58
第三节 作物的流 .....	61
一、流的概念 .....	61
二、流强的度量及其影响因素 .....	61
第四节 源-库-流关系 .....	62
一、作物的源库类型 .....	62
二、作物的源-库-流关系 .....	63
三、作物源-库-流理论在作物生产中的 应用 .....	65
<b>第七章 作物产量形成</b> .....	67
第一节 作物产量类型 .....	67



一、作物产量概念 .....	67	<b>第十章 作物生长发育与温度</b> .....	117
二、生物产量与经济产量之间的关系 .....	68	第一节 作物生长发育的温度指标 .....	117
三、源库流理论与生物产量、经济产量、 收获指数之间的关系 .....	70	一、三基点温度 .....	117
第二节 作物产量构成因素 .....	70	二、作物的温周期现象 .....	119
一、产量的构成因素 .....	71	三、积温与无霜冻期 .....	120
二、产量构成因素的形成特点 .....	71	第二节 温度对作物生长发育的影响 .....	121
三、产量构成因素间的相互关系 .....	72	一、温度对发芽、出苗与生长的影响 .....	121
第三节 作物产量形成的生理机制 .....	76	二、温度对作物产量和品质的影响 .....	122
一、作物产量的物质来源 .....	76	三、作物光温生产潜力 .....	123
二、产量物质的接受机制 .....	80	第三节 温度与作物分布 .....	125
三、产量内容物的运输和分配 .....	81	一、作物分布 .....	125
第四节 作物高产途径 .....	83	二、作物布局 .....	128
一、作物产量现状和潜力 .....	83	第四节 作物生长环境温度的调控途径 .....	128
二、提高作物产量的途径 .....	84	一、耕作措施与温度 .....	128
<b>第八章 作物产品品质形成</b> .....	87	二、种植技术与温度 .....	130
第一节 作物产品品质类型 .....	87	三、灌排措施与温度 .....	131
一、禾谷类作物产品品质 .....	87	<b>第十一章 作物生长与水分</b> .....	133
二、经济作物产品品质 .....	88	第一节 作物与水分关系的基本指标 .....	133
第二节 作物产品品质指标 .....	89	一、土壤水 .....	133
一、作物产品品质指标 .....	89	二、水势 .....	136
二、优质专用作物产品品质标准 .....	90	三、作物需水量和需水临界期 .....	137
第三节 作物产品品质形成机制 .....	92	第二节 水分胁迫对作物生长的影响 .....	138
一、作物产品品质形成过程 .....	92	一、水分亏缺对作物的影响 .....	138
二、作物产品品质形成的影响因素 .....	96	二、涝渍对作物的影响 .....	141
第四节 提高作物产品品质的途径 .....	98	第三节 提高作物水分利用率的途径 .....	143
一、培育和选用优质作物品种 .....	99	一、作物水分利用效率 .....	143
二、建立优势农产品产业带 .....	99	二、提高水分利用效率的途径 .....	143
三、调整栽培技术措施 .....	101	<b>第十二章 作物生长与矿质营养</b> .....	147
<b>第三篇 作物生长与环境关系</b>		第一节 作物对矿质营养的需求 .....	147
<b>第九章 作物生长发育与光照</b> .....	104	一、作物必需的营养元素 .....	147
第一节 作物与光照关系的基本指标 .....	104	二、作物必需营养元素的生理功能 .....	148
一、光资源基本指标 .....	104	第二节 作物对矿质营养的吸收与利用 .....	150
二、与作物相关的光照指标 .....	104	一、作物对矿质营养的吸收 .....	151
三、光照强度和日照长度的变化节律 .....	105	二、矿质营养在作物体内的运转和利用 .....	153
第二节 光照对作物生长的影响 .....	106	第三节 养分胁迫对作物生长的影响 .....	155
一、光强 .....	106	一、氮素胁迫对作物生长的影响 .....	155
二、光质 .....	109	二、磷素胁迫对作物生长的影响 .....	155
三、光照时间 .....	109	三、缺钾对作物生长的影响 .....	156
第三节 作物群体结构和光分布 .....	109	四、缺钙对作物生长的影响 .....	156
一、作物群体内光照的分布 .....	110	五、缺镁对作物生长的影响 .....	156
二、太阳光在作物群体中的反射、透射 与吸收 .....	110	六、缺硫对作物生长的影响 .....	157
第四节 提高作物光能利用率的途径 .....	111	七、缺铁对作物生长的影响 .....	157
一、作物光合生产潜力 .....	111	八、缺硼对作物生长的影响 .....	158
二、作物光能利用率及其提高途径 .....	112	九、锰胁迫对作物生长的影响 .....	158
		十、铜胁迫对作物生长的影响 .....	158
		十一、锌胁迫对作物生长的影响 .....	158

十二、铝胁迫对作物生长的影响 .....	159	二、作物区划的分区依据 .....	192
十三、氟胁迫对作物生长的影响 .....	159	三、作物区划方法 .....	193
第四节 农艺措施对矿质营养的影响 .....	159	四、中国种植业区划 .....	195
一、科学施肥,提高肥料利用率 .....	159	第二节 作物布局 .....	198
二、合理耕作,以耕促肥 .....	160	一、作物布局的概念与原则 .....	198
三、合理灌排,以水促肥 .....	160	二、作物布局规划 .....	199
四、轮作换茬,调节土壤肥力 .....	161	第三节 作物种植方式 .....	200
<b>第十三章 作物生长与土壤</b> .....	162	一、种植熟制 .....	200
第一节 土壤特性与作物生长 .....	162	二、轮作与连作 .....	201
一、土壤物理特性与作物生长 .....	162	三、复种 .....	202
二、土壤化学特性与作物生长 .....	167	四、间混套作 .....	203
第二节 土壤质量与作物生产力的关系 .....	170	第四节 作物品种搭配 .....	204
一、我国土壤质量的现状及其对农业		一、作物品种的概念 .....	204
生产的影响 .....	170	二、品种选择的原则 .....	204
二、土壤质量的评价指标与评价体系		三、品种合理布局和搭配 .....	205
.....	172		
第三节 土壤障碍对作物生长的影响 .....	172		
一、土壤障碍发生的原因及现状 .....	172		
二、土壤次生盐渍化障碍及对作物生长			
的影响 .....	173		
三、土壤连作障碍及对作物生长的影响			
.....	173		
四、土壤酸化障碍及对作物生长的影响			
.....	173		
五、土壤养分缺乏与过剩障碍及对作物			
生长的影响 .....	174		
第四节 土壤污染对作物生长的影响 .....	178		
一、我国土壤污染的现状 .....	179		
二、土壤污染对作物生长的影响 .....	179		
三、土壤污染的治理与生物修复 .....	180		
<b>第十四章 作物生长与大气</b> .....	181		
第一节 作物与大气的关系 .....	181		
一、作物与 CO <sub>2</sub> .....	181		
二、作物与 O <sub>2</sub> .....	181		
三、作物与 N <sub>2</sub> .....	182		
四、作物与有毒气体 .....	182		
五、作物与风 .....	182		
第二节 CO <sub>2</sub> 浓度对作物生长的影响 .....	183		
一、大气 CO <sub>2</sub> 浓度与全球气候变化 .....	183		
二、CO <sub>2</sub> 浓度对作物生产的影响 .....	183		
三、调控措施对 CO <sub>2</sub> 浓度的影响 .....	186		
第三节 大气污染对作物生长的影响 .....	187		
一、大气污染对作物的影响 .....	188		
二、主要大气污染物对作物的影响 .....	188		
三、主要大气污染物对作物的间接伤害			
.....	190		
<b>第十五章 作物区划与布局种植技术</b> .....	192		
第一节 作物区划 .....	192		
一、作物区划的概念 .....	192		
二、作物区划的分区依据 .....	192		
三、作物区划方法 .....	193		
四、中国种植业区划 .....	195		
第二节 作物布局 .....	198		
一、作物布局的概念与原则 .....	198		
二、作物布局规划 .....	199		
第三节 作物种植方式 .....	200		
一、种植熟制 .....	200		
二、轮作与连作 .....	201		
三、复种 .....	202		
四、间混套作 .....	203		
第四节 作物品种搭配 .....	204		
一、作物品种的概念 .....	204		
二、品种选择的原则 .....	204		
三、品种合理布局和搭配 .....	205		
		<b>第四篇 作物栽培技术</b>	
		<b>第十六章 土壤耕作技术</b> .....	207
		第一节 土壤耕作方法 .....	207
		一、翻耕 .....	207
		二、深松耕 .....	208
		三、旋耕 .....	208
		四、耙地 .....	209
		五、中耕 .....	209
		六、作畦 .....	209
		七、起垄 .....	209
		第二节 少免耕技术 .....	209
		一、概念与由来 .....	210
		二、少免耕的优缺点 .....	211
		三、技术原理 .....	211
		四、应用条件与展望 .....	212
		第三节 盐碱土耕作 .....	213
		一、盐碱土概述 .....	213
		二、盐碱土的危害 .....	214
		三、盐碱土改良与利用 .....	214
		<b>第十七章 播种移栽技术</b> .....	216
		第一节 种子处理与播种技术 .....	216
		一、种子清选 .....	216
		二、种子预处理 .....	216
		三、播种期的确定 .....	218
		四、播种量的确定 .....	220
		五、播种方法 .....	220
		第二节 育苗与移栽技术 .....	221
		一、育苗方式 .....	222
		二、苗床管理 .....	225
		三、移栽技术 .....	227
		第三节 合理密植 .....	227
		一、合理密植的含义和增产作用 .....	227
		二、种植密度的确定 .....	228

三、合理密植的方式 .....	229	二、农业防控 .....	266
<b>第十八章 覆盖栽培技术</b> .....	230	三、化学防控 .....	267
第一节 覆盖栽培的类型 .....	230	四、生物防控 .....	268
一、砂石覆盖栽培 .....	230	五、生物技术在农田杂草防控中的应用 .....	268
二、地膜覆盖栽培 .....	231	第三节 气象灾害防控 .....	268
三、秸秆覆盖栽培 .....	231	一、干旱 .....	269
四、作物全程覆盖栽培 .....	232	二、涝灾和渍涝 .....	270
五、作物生育期覆盖栽培 .....	232	三、冷害 .....	270
第二节 覆盖的生态效应与增产机理 .....	232	四、冻害 .....	271
一、覆盖的生态效应 .....	232	五、高温热害 .....	271
二、覆盖的增产机理 .....	237	<b>第二十二章 化学调控技术</b> .....	273
第三节 覆盖栽培管理 .....	238	第一节 作物化学调控技术与植物激素 .....	273
一、全生育期地膜覆盖穴播小麦栽培 .....	238	一、作物化学调控技术及有关概念 .....	273
二、垄盖膜际精播小麦栽培 .....	239	二、作物化学调控技术与传统栽培技 .....	274
三、旱地玉米地膜覆盖栽培技术 .....	240	三、作物化学调控技术的发展 .....	274
四、砂田的栽培管理 .....	243	第二节 植物生长调节剂的种类及其作用 .....	274
<b>第十九章 肥料运筹技术</b> .....	245	特点 .....	274
第一节 作物需肥规律与合理施肥原则 .....	245	一、根据与植物激素作用的相似性进行 .....	274
一、作物的需肥规律 .....	245	二、根据对植物茎尖的作用方式进行 .....	276
二、养分作用规律 .....	246	三、根据作物生产中的作用效果进行 .....	277
三、合理施肥原则 .....	247	四、根据调节剂的来源分类 .....	278
第二节 作物肥料运筹 .....	248	第三节 作物化学调控技术的应用 .....	278
一、施肥量的确定 .....	248	一、作物化学调控技术在农业生产中的 .....	278
二、推荐施肥技术 .....	250	应用 .....	278
第三节 肥料种类与施肥方法 .....	250	二、作物化学调控技术的三种应用模式 .....	281
一、肥料种类 .....	251	三、主要大田作物的实用化学调控技术 .....	281
二、施肥时期 .....	252	四、作物化学调控技术效果的影响因素 .....	282
三、施肥方式 .....	253	<b>第二十三章 作物栽培新技术</b> .....	283
<b>第二十章 水分管理技术</b> .....	255	第一节 作物精确栽培技术 .....	283
第一节 水分作用规律与水分管理原则 .....	255	一、作物精确栽培的内涵 .....	283
一、水分作用规律 .....	255	二、作物精确栽培的支持技术 .....	283
二、水分管理原则 .....	255	三、作物精确栽培的应用实例 .....	285
第二节 作物需水规律与合理灌溉指标 .....	256	第二节 作物清洁栽培技术 .....	289
一、作物需水规律 .....	256	一、作物清洁栽培的基本概念 .....	289
二、合理灌溉指标 .....	257	二、作物清洁栽培技术体系 .....	290
三、灌溉定额和灌溉制度 .....	258	第三节 作物分子栽培技术 .....	294
第三节 节水栽培与涝渍害防治 .....	259	一、作物分子栽培的基本原理 .....	294
一、节水农业与节水灌溉 .....	259	二、农田基因多样性重建与分子生态 .....	296
二、农业节水的途径 .....	259	<b>参考文献</b> .....	297
三、节水栽培技术 .....	260		
四、节水灌溉模式与技术 .....	261		
五、涝渍害防治 .....	263		
<b>第二十一章 灾害防控技术</b> .....	264		
第一节 病虫害防治 .....	264		
一、病虫害的预测 .....	264		
二、病虫害的防治技术 .....	265		
第二节 杂草防控 .....	266		
一、加强杂草检疫 .....	266		

# 第一篇 作物栽培学概述

## 第一章 作物的起源、分布与利用

作物是指野生植物经过人类不断选择、驯化、利用,具有经济价值且被人工栽培的植物,可分为农作物、园艺作物和林木三类。了解作物的分类、起源、分布和生产状况,有助于认识和把握作物进化的特点、生态适应性及其在农业经济发展中的作用。

### 第一节 作物的起源

自然界已知的植物有 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、海拔地区及处于不同的地形地貌。

#### 一、作物的起源

原始人类采集天然野生植物和狩猎野生动物以维持生存的本能劳动开创了人类认识、改造自然界的先河。在采集植物的活动中,人类逐渐注意和认识到可采用的植物种类及相应的采集季节,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地栽培某些植物,从而开始了种植业。这些被驯化、培育并发展成一定栽培规模的新植物种类称为作物。

#### 二、作物的传播与演变

野生植物在人类未干预的条件下,凭借风、雨、水流及动物活动等自然因素进行传播,有的则在繁殖器官成熟时破裂的弹力作用下向外传播。

作物的传播除表现野生植物的传播方式外,还突出表现以人类活动、人类迁徙为主的传播途径,即人类有目标地引种传播。古代农业和传统农业中的栽培作物随人类通过陆路或水路迁徙而传播,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。研究认为栽培稻可能起源于中国云贵高原和东南亚各大河流域,约在公元前 12 世纪由海路向东传至日本,约在公元前 1000 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。而起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。起源于中美洲的玉米,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 世纪的经商活动等,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,有的在异地生长得更好,有的发展更快。例如,原产于中国的大豆,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;原产于南美洲的花生,现

在印度和中国栽培面积最大;原产于南美洲的马铃薯,现成为欧洲各国主要粮食作物;原产于中美洲高原地区的陆地棉,传入亚洲,中国和印度成为最大的产棉国。现代生物技术的广泛应用,只需 1~2 年就能完成一个作物品种的传播和新种质类型的创造,以最快的速度推进世界范围作物生产的发展。例如,近几年棉花 Bt 抗虫基因在我国的广泛应用就迅速有效地推进了我国抗虫棉花的生产。应该引起重视的是,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

对作物地理起源中心问题研究较早的学者是瑞士植物学家康多尔(de Candolle),在他 1883 年出版的《栽培植物的起源》一书中,对 477 种栽培植物的起源地进行了划分。其后在 20 世纪 20~30 年代,苏联植物学家瓦维洛夫(H. H. BaBHTOB)等借助植物形态分类、杂交验证、细胞学和免疫学等手段,对从世界 6 大洲 60 多个国家采集到的 30 多万份作物品种材料进行了详细比较研究,于 1926 年写成《栽培植物的起源中心》一书。其后为了更准确地确定作物起源和最初形态建成中心,还补充查明遗传上相近的野生种和栽培种的多样性地理分布中心,把遗传变异最为丰富的地方作为该物种的起源中心。最后以考古学、历史和语言学的资料,对植物地理的划分加以修正,认为全世界栽培植物有 8 大起源中心,并于 1935 年出版了《育种的植物地理基础》一书,该书的一些基本理论至今仍有重要的指导作用。

很多作物除起源于瓦维洛夫的起源中心外,还有必要扩大地理范围。于是 1968 年茹可夫斯基提出大基因中心观念,将瓦维洛夫确立的 8 个起源中心扩大到 12 个。1975 年瑞典的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》,重新修订了茹可夫斯基提出的 12 个基因中心,扩大了地理基因中心起源概念,现简介如下。

(1) 中国-日本中心:中国基因中心是主要的、初生的,由它发展了次生的日本基因中心。中国起源地的特点是栽培植物的数量极大,包括了热带、亚热带和温带作物的代表。在栽培植物种和属的数量上,中国超过其他起源地。例如,黍、稷、粟、大麦、荞麦、大豆、裸燕麦等作物,中国是初生基因中心;普通小麦和高粱等是次生中心。

(2) 印度支那-印度尼西亚中心:是爪哇稻和芋的初生基因中心。这里还具有丰富的热带野生植物资源。

(3) 澳大利亚中心:除美洲外,这里也是烟草的初生基因中心之一,并有稻属的野生种。

(4) 印度-巴基斯坦中心:起源的作物有稻、甘蔗、绿豆、豇豆等,还有许多热带果树。

(5) 中亚细亚中心:该中心为中国和印度中心之间的转换区,起源的作物有小麦、豌豆等。

(6) 近东中心:起源的作物有栽培小麦、黑麦等。

(7) 地中海中心:从许多作物品种和种群组成来看,这里是次生起源地,很多作物在此区被驯化,如燕麦、甜菜、亚麻、三叶草、羽扇豆等。

(8) 非洲中心:起源的作物有高粱、棉、稻等。此中心对世界作物影响很大,许多作物起源于非洲。

(9) 欧洲-西伯利亚中心:起源的作物有甜菜、苜蓿、三叶草等。

(10) 南美洲中心:起源或驯化的作物有马铃薯、花生、木薯、烟草、棉、苋菜等。

(11) 中美洲-墨西哥中心:起源或驯化的作物有甘薯、玉米、陆地棉等。

(12) 北美洲中心:该中心驯化的主要作物有向日葵、羽扇豆等。

我国学者在作物起源上也做了大量工作,如丁颖等在华南、西南对水稻起源做了大量调查和考证工作,证明了不论籼稻、粳稻都起源于我国,因而把籼稻定名为 *Oryza sativa* subsp. *hsien*. Ting,把粳稻定名为 *Oryza sativa* subsp. *keng*. Ting。

## 第二节 作物的分布

作物的分布是指作物通过扩散,在不同地理区域种植后的空间配置情况。作物的分布与作物的生物学特性、气候、土壤、社会经济条件、生产技术水平、人们的习惯和社会需求等各种因素相关;但主要还是受自然生态环境的制约。

### 一、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。

全世界用于栽培作物的可耕地面积约为 14 亿~15 亿  $\text{hm}^2$ 。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。

#### (一) 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  $\text{hm}^2$ ,占全部作物面积的 56.6%,总产量 20.75 亿 t。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的 47%~48%,欧洲、非洲、北美洲占 15%~19%(表 1-1)。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%。

小麦是世界栽培面积最大的谷类作物,2003 年产量占谷物总产量的 29.5%。小麦适应范围广,自南纬 45°到北纬 67°均有小麦栽培,其中北半球欧亚大陆和北美洲为主产区,占世界小麦面积的 86.8%,南美洲和大洋洲面积较小。中国为世界栽培小麦最大的国家,总产量居世界小麦总产量的 15.5%,印度、美国居第二、三位。栽培的麦类作物还有大麦、燕麦、黑麦等。

稻谷是世界第二大栽培谷物,2003 年稻谷总产量占谷物总产量的 28%。全世界有 112 个稻谷生产国,主要集中分布在温暖湿润的东南亚季风地区,约占世界稻谷收获面积的 89.6%,欧洲和大洋洲很少种植。中国为世界最大稻谷生产国,总产量占世界总产量的 38.2%。印度稻谷收获面积居世界第一,但单产和总产不高。泰国和日本以生产优质稻米著称。

玉米为世界栽培面积第三大谷类作物,2003 年占谷物总产量 30%多,居谷物总产量之首。玉米为粮食、饲料、经济兼用作物,种植分布范围极广,以亚洲和北美洲为主产区,占世界玉米总收获面积的 60.4%,大洋洲最少。美国为世界最大玉米生产国,总产量占世界玉米总产的 40.3%。中国居第二,约占世界玉米总产的 17.9%。

表 1-1 2003 年世界作物生产情况 (FAO) 统计数据库, 2004/9/24

	稻谷		小麦		玉米		大豆		薯类		蔬菜瓜类		油菜	
	面积	总产	面积	总产	面积	总产	面积	总产	面积	总产	面积	总产	面积	总产
世界	15352.23	58912.5	20876.5	55634.9	14268.53	63804.3	8369.55	18923.4	1889.68	31081	4999.33	84220.4	2294.34	3614.6
美国	121.29	903.4	2138.34	6359	2878.92	25690.5	2926.76	6579.5	50.6	2082.2	136.7	3704.3	43.27	68.6
加拿大			1046.74	2355.2	122.61	958.7	104.66	226.8	18.05	532.4			468.92	666.9
巴西	318.68	1032	248.82	590	1293.52	4780.9	1846.94	5153.2		307	42.52	797.6		
墨西哥	4.5	19.2			778.09	1965.2					55.63	960.4		
意大利	21.87	140.2	226.68	624.3			15.22	42.4			58.9	1515		
德国			296.74	1929.6		341.5			28.36	981.3			126.8	363.8
法国	1.9	10.7	4.95	3058.2	166.7	1189.8			15.6	623.5	47	864.1	108	334.1
波兰			230.8	785.8					76.58	1373.2		489.5	42.63	75.4
匈牙利						453.4							7.1	10.4
俄罗斯	14.3	45.1	1996	3406.2		690	39.95	39.3	317.2	3674.7	102.84	1531.3	19.74	19.2
英国			183.7	1428.8		640			16.65				54.2	177.1
哈萨克斯坦			1126.23	1151.9										
乌克兰	11.92	29.3	262.5		195.3	690			160	1850	54.26	573.5		
埃及	63	617.4		615		640					55.59	1411.5		
尼日利亚	490	495.2			470	515	68	48.4	17.5		140.45	828.5		
澳大利亚	4.6	43.8	1245.6	2490									100.5	162.2
印度	4400	13201.3	2488.62	6512.9			645	680	133.72	2316.1	634.9	8189.1	441.86	384.2
印度尼西亚	1147.74	5207.8			335.47	1091	52.67	67.2			82.24	6070		
巴基斯坦	246.1	727.2	806.9	1921									29	25
伊朗	56	293	650	1290					18	355	54.55	1179.7		
越南	744.93	3451.8					16.65	22.5			63.83	827.5		
泰国	1100	2724					22	26.8			36.48			
中国	2739.8	16641.7	2204.01	8610		450	950.02	1650	450.17	6681.3	2144.82	41090	720	1141
南非					2352	11417.5								
土耳其	6.5	37.2	940	1900	335	971.4			20	530	104.02	2567.2		
罗马尼亚					311.91	957.7	12.22	22.5	28.19	394.7				





## (二) 豆类作物

世界豆类作物收获面积占作物总面积的 11.3%。豆类作物分布遍及世界各大洲,以亚洲和北美洲种植最多。豆类作物包括大豆、蚕豆、豌豆、红小豆等,其中大豆面积 8369.55 万  $\text{hm}^2$ ,大豆也是油料作物。美国是大豆栽培最大国家,总产量达世界总产的 1/3。

## (三) 薯类作物

薯类是世界重要的食品作物,实际收获面积占作物总面积 3.9%,包括马铃薯、甘薯、木薯等,集中分布于非洲、亚洲和欧洲,其中马铃薯主产国为俄罗斯、中国、印度和美国,甘薯主产国为中国。

## (四) 油料作物

油料作物为世界第二大类作物,收获面积占世界作物总面积 17.6%。各大洲均有油料作物种植,以亚洲和美洲占 77.1%。大豆、油菜、花生和向日葵为世界四大油料作物,还有油橄榄、芝麻、油茶、油玉米等。大豆以美国为最大生产国,巴西居世界第二,中国现为世界第三大豆生产国。2003 年油菜总产量以中国居第一,占世界总产 31.6%。加拿大油菜收获面积为世界第二,占世界油菜面积 20.4%,印度居第三。花生以亚洲和非洲占世界收获面积的 94.3%,中国、印度、尼日利亚为世界最大的花生生产国。向日葵主要分布在俄罗斯、乌克兰、印度、中国和罗马尼亚等国。

## (五) 纤维作物

全世界纤维作物收获面积 9.09 万  $\text{hm}^2$ ,占世界作物面积的 7.4%。棉是最主要的纤维作物,主要分布于北半球的中国、印度、美国、巴基斯坦、巴西等国家。中国为世界最大的产棉国,2003 年总产量占世界棉花总产 25.1%。印度收获面积居世界第一,总产居第三。埃及为主要的长绒棉生产国。麻是重要的纤维作物,面积约 500 万  $\text{hm}^2$ ,其中亚洲分布 97%,麻以黄麻、红麻、亚麻为主。

## (六) 糖料作物

全世界糖料作物收获面积 2.56 万  $\text{hm}^2$ ,其中 2/3 为甘蔗,三分之一为甜菜(623.6 万  $\text{hm}^2$ ,总产 249 889 千 t),少量种植甜叶菊等。甘蔗以亚洲和南美洲为集中产区,巴西、印度为最大甘蔗生产国,分别占世界甘蔗总产量的 28.3%和 21.6%。甜菜产于温带,主产国有白俄罗斯、德国、意大利等,白俄罗斯占世界甜菜总产量的 67.8%。

## (七) 饲料作物

全世界饲料作物以牧草为主,牧草栽培面积为 31.55 亿  $\text{hm}^2$ ,绝大部分用非可耕地栽培(人工草场),非洲、欧洲、北美洲、南美洲、大洋洲为牧草主产区,南亚、东南亚约 4000 万  $\text{hm}^2$ 。牧草作物主要有禾本科和豆科两类。

## (八) 嗜好类作物

全世界嗜好类作物主要包括烟草、茶叶、咖啡、可可等,总收获面积 400 万  $\text{hm}^2$ 。其中烟