

蔬菜生长发育与品质调控

理论与实践

喻景权 著



科学出版社

蔬菜生长发育与品质调控

理论与实践

喻景权 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书围绕蔬菜生长发育与品质调控这一主题,以现象—规律—机制—应用为主线,在系统介绍该领域基础研究进展的同时,提出蔬菜产业相关问题的解决途径,理论实践并举。全书共分8章,在系统论述蔬菜生长发育和果实形成、品质成分代谢、光合作用、抗逆机制、器官间互作、连作障碍、污染物迁移和代谢等领域研究进展的基础上,提出蔬菜高产、高效、优质、安全和可持续生产中相关问题的解决方案和调控技术,并提供了许多案例。

本书主要面向蔬菜和农业领域的教学、科研、农业技术推广人员以及高校园艺和农学类的研究生和高年级本科生。

图书在版编目(CIP)数据

蔬菜生长发育与品质调控:理论与实践/喻景权著. —北京:科学出版社, 2014.10

ISBN 978-7-03-042044-2

I. ①蔬… II. ①喻… III. ①蔬菜园艺—研究 IV. ①S63

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第225370号

责任编辑:李秀伟 王 静/责任校对:彭 涛
责任印制:徐晓晨/封面设计:北京铭轩堂广告设计有限公司

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>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年10月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015年4月第二次印刷 印张:17 1/4 插页:10

字数:348 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

自 20 世纪 80 年代以来,我国蔬菜产业得到了快速发展,成为我国种植业中产值最大的产业,其栽培面积也跃居世界首位,并在保障我国国民健康、提高农民收入和出口换汇等方面发挥着越来越重要的作用。然而,随着社会经济的发展,我国蔬菜产业面临着新的挑战 and 机遇,如何实现蔬菜优质、高效、安全和可持续生产是我国蔬菜科技界面临的重要课题。

蔬菜生长发育是蔬菜生理的核心内容,也涉及蔬菜遗传育种、栽培和病虫害防治以及采后处理与加工等学科分支,同时也是蔬菜优质高产的基础。近年来,有关蔬菜生长发育的研究已经逐步从传统的器官水平深入到分子水平,与蔬菜品质形成相关的代谢途径也在遗传与分子机制水平得到了初步探明。特别是黄瓜、番茄和白菜等重要蔬菜作物基因组测序工作的完成,为进一步把生理学、遗传学、生物化学和分子生物学等不同领域进行有机结合开展研究,从而在群体、个体、器官、组织、细胞和分子等不同水平揭示蔬菜的生长发育规律以及蔬菜同生物与非生物环境的相互关系提供了新的机遇,也为我们通过遗传、化学和环境调控等手段提高蔬菜产量、品质和产品安全性提供了突破口。

喻景权教授多年来一直从事蔬菜栽培生理及其调控的研究,特别是近 20 年来,他通过组织承担国家 973 计划项目、国家科技支撑计划项目和国家自然科学基金项目,围绕蔬菜的生长发育规律、光合作用效率与抗逆、果实形成机制、连作障碍和蔬菜产品安全等问题开展了较为系统和深入的研究,并在诸多研究领域取得了突破。他带领的研究团队在国际上最早发现了黄瓜和番茄中的自毒物质及其同连作障碍的关系,解析了逆境下蔬菜作物活性氧(ROS)的产生、清除及其信号作用机制,提出了植物新型激素油菜素内酯通过氧化还原机制提高抗性、光合作用效率和农药降解效率的机制。期间在 *Trends in Plant Science*, *Plant Physiology* 和 *New Phytologist* 等国内外学术刊物发表了一系列具有较高学术价值的论文,SCI 被引达 3000 余次。此外,他还致力于将相关理论与调控技术应用于蔬菜生产实际,并取得了显著成效,获得了包括国家自然科学基金二等奖和省部级科学技术一等奖在内的多项奖励。《蔬菜生长发育与品质调控——理论与实践》一书以蔬菜产业所面临的优质、高效、安全和可持续生产等问题为背景,在扼要介绍国内外相关领域研究进展的基础上,以著者的相关研究为主线,重点论述了蔬菜生产中一些重要问题的形成概况、内在机制、调控技术手段及其在生产中的应用成效。该书大篇幅地引用了著者业已发表论文中的相关图表,同时编入了大量尚未发表的研究数

据和照片，系统地反映了著者对我国蔬菜产业问题的理解和解决思路，理论与实践并举，图文并茂，是对传统蔬菜栽培生理学的创新与发展。

在蔬菜产业快速发展的今天，科技作用日益彰显，相信该书的出版发行将对蔬菜学的学科发展、科学研究、人才培养和相关产业问题的解决产生深远的影响和积极的推动作用。

方智远

中国工程院院士

2014年8月于北京

前 言

蔬菜是人们生活不可缺少的副食品，实现蔬菜的优质高产在保证全民健康、提高人民生活质量、促进农村经济发展与农民增收、增加城乡居民就业和出口创汇等方面具有重要的意义。30 多年来，我国蔬菜产业得到了快速发展，播种面积从 1980 年的 300 万公顷发展到现在的近 2000 万公顷，产量达到了 7 亿余吨，接近世界蔬菜产量的近一半。然而，我国的蔬菜生产水平同发达国家相比还存在一定的距离，如主要蔬菜单位面积产量不高，蔬菜新品种选育技术和水平滞后；过量施用化肥和农药带来的环境污染与蔬菜产品安全性问题日益突出；连作障碍和病虫害逐年严重，蔬菜产品采后处理技术落后等。

蔬菜生长发育是产量和品质形成的基础，认识蔬菜的生长发育规律，揭示其内在调控机制，对于实现蔬菜的高产和优质具有十分重要的意义，也有助于蔬菜新品种的选育、科学合理的病虫害防治技术研发和采后技术的制订。近年来，有关蔬菜生长发育与品质的研究取得了较大的进展，从以往的器官水平研究逐步深入到生理和细胞分子调控水平的研究，这可以从该领域研究论文的迅速增加中得以印证。

作者自 1983 年大学毕业以来，一直从事蔬菜生长发育与品质调控相关领域的研究，围绕蔬菜的生长发育规律、光合作用效率、果实形成机制、连作障碍和蔬菜产品安全等主题，沿着现象—规律—机制—应用的思路，在国家 973 计划、国家 863 计划、国家科技支撑计划、国家杰出青年科学基金、国家自然科学基金重点项目和面上项目等一系列项目的支持下，开展了 30 多年的研究。期间积累了一批有益的数据，在国内外学术刊物发表论文 150 余篇。本书的编写和出版旨在介绍国内外相关领域进展的基础上，系统地反映作者的学术思想和对相关产业问题的解决思路，并重点通过作者的研究结果来剖析上述问题，提出解决方案，从而推动蔬菜科学的发展，提升我国蔬菜现代化生产发展水平。

本书共分八章，第一章，蔬菜生长发育与蔬菜生产；第二章，蔬菜环境适应性与光合作用效率调控；第三章，蔬菜的抗逆机制与抗逆调控；第四章，果实形成与发育调控；第五章，蔬菜品质成分代谢与调控；第六章，蔬菜器官间互作机制与嫁接；第七章，蔬菜连作障碍形成与防控；第八章，蔬菜污染物迁移、代谢与调控。主要章节均以作者的研究为重点，反映该领域的理论研究进展，后半部分则主要体现应用研究及其在蔬菜生产中的应用。全书收集了 199 幅图表，其中 146 幅图表来自作者团队多年来已经发表或未正式发表的图表和照片，30 幅图表

则是作者根据相关研究总结归纳而成，23 幅图表则直接引自他人研究论文，或取之数据或经过适当修改而来，并逐一进行了相应标注。

全书的写作由作者一人完成。在本书的准备和写作过程中，部分在读研究生和毕业生给予了大力支持和帮助，特别是易昌禹、王峰、廖杨文科、陈碧微、张兰、俞清香和孙增辉等同学在图表制作和参考文献整理方面给予了帮助。除了不同章节所标注的参考论文外，书中所用素材主要来自本实验室在相关领域所发表的论文、研究积累和田间实践等，许多研究生为这些数据的获取付出了辛勤的劳动。

作者近 20 年的研究也分别得到了国家自然科学基金委员会、科技部、农业部、教育部和浙江省相关项目的支持，中国工程院方智远院士还在百忙中欣然提笔为本书作序，科学出版社李秀伟等编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动，Springer 和 Kluwer 等多家国外出版公司给予了相关图表引用许可，在此一并表示由衷的感谢。

我国蔬菜种类繁多，蔬菜生长发育与品质研究内容广泛，且发展迅速，本书仅就自己阅读的相关文献和产业调查，以自己的科研工作为重点编写而成，难免挂一漏万，一些观点也只是一家之言，供大家讨论。同时，由于作者水平有限，书中缺点、不足之处在所难免，谨请读者批评指正。

作 者

2014 年 8 月

目 录

序

前言

第一章 蔬菜生长发育与蔬菜生产	1
第一节 蔬菜种类及其生长发育过程	1
一、蔬菜的种类	1
二、蔬菜生长发育过程	4
第二节 蔬菜生长及其影响因子	5
一、蔬菜生长与调控	5
二、蔬菜生长和环境因子的关系	9
第三节 蔬菜发育与开花机制	11
一、光周期与蔬菜开花	12
二、温度与蔬菜开花	14
三、营养条件与花芽分化	15
四、植物激素与蔬菜开花	15
五、蔬菜植物的性别分化	16
第四节 蔬菜产品器官的形成	17
一、根菜类	17
二、茎菜类	18
三、叶菜类	19
四、花菜类	20
五、果菜类	20
第五节 蔬菜生长发育调控与蔬菜生产	21
一、蔬菜生长发育的环境调控	22
二、蔬菜生长发育的化学调控	24
三、蔬菜生长发育调控与蔬菜生产方式发展	27
主要参考文献	31
第二章 蔬菜环境适应性与光合作用效率调控	34
第一节 不同蔬菜作物对环境因子的适应性	34
一、不同蔬菜作物对温度环境的适应性	34
二、不同蔬菜作物对光环境的适应性	38
三、蔬菜作物的养分需求特性	40

四、蔬菜作物的水分需求特性·····	41
五、CO ₂ 浓度对蔬菜生长的影响·····	43
六、生物因子对蔬菜生长的影响·····	44
第二节 环境对蔬菜光合作用的影响·····	45
一、蔬菜的光合作用及光保护机制·····	45
二、逆境对蔬菜光合作用效率的影响·····	50
第三节 蔬菜作物光合作用效率调控与高产·····	56
一、基因型选择·····	56
二、化学调控技术·····	57
三、嫁接技术·····	59
四、CO ₂ 加富技术·····	59
五、光环境调控技术·····	60
主要参考文献·····	61
第三章 蔬菜的抗逆机制与抗逆调控·····	66
第一节 蔬菜对非生物逆境的响应与抗性机制·····	66
一、植物非生物逆境响应的信号转导途径·····	66
二、植物逆境的感应·····	67
三、植物逆境响应的信号转导·····	68
四、植物逆境响应的转录调控·····	74
第二节 蔬菜作物的抗病机理·····	74
一、植物的抗病反应·····	74
二、抗病反应的信号网络和基因调控·····	79
三、系统抗病反应·····	82
第三节 蔬菜作物的抗虫机理·····	83
一、蔬菜对害虫的防御类型·····	83
二、蔬菜虫害防御反应的早期机制·····	85
三、害虫防御反应中的信号分子及信号机制·····	86
第四节 抗性的可塑性及其交叉反应·····	87
一、植物对生物胁迫和非生物胁迫抗性的异同点·····	87
二、交叉抗性·····	88
三、激素在不同抗性中的作用·····	89
四、环境与抗性的关系·····	91
第五节 蔬菜抗逆生产技术·····	92
一、抗逆品种·····	92
二、环境调控·····	92
三、化学调控·····	93

四、生物防治	95
五、嫁接技术	95
主要参考文献	96
第四章 果实形成与发育调控	104
第一节 蔬菜作物果实种类与果实形成	104
一、蔬菜作物果实种类	104
二、果实的生长发育过程	105
第二节 植物激素与果实发育	108
第三节 果实中同化产物积累与源库关系	113
一、果菜类植株中碳水化合物的转运过程	113
二、果实中主要碳水化合物积累规律与调控	114
三、源库关系及其调控	116
第四节 果实生长发育调控技术	117
一、落花落果的原因	117
二、果实坐果调控技术	118
主要参考文献	120
第五章 蔬菜品质成分代谢与调控	124
第一节 蔬菜的品质与营养价值	124
一、蔬菜的品质	124
二、蔬菜的营养价值	126
第二节 蔬菜营养成分的代谢积累途径	132
一、碳水化合物和有机酸代谢	132
二、主要维生素生物合成途径与调控	133
三、类胡萝卜素生物合成途径与调控	135
四、类黄酮生物合成途径与调控	136
五、硫苷生物合成途径与调控	136
六、挥发物生物合成途径及其调控	136
第三节 品质成分代谢积累的影响因素	137
一、基因型差异	137
二、农艺措施	138
三、环境因子	138
第四节 蔬菜品质调控技术	141
一、利用代谢工程提高产品功能成分	141
二、利用遗传改良改善品质	143
三、利用生理调控技术提高产品品质	143
四、利用环境调控技术改善产品品质	144

主要参考文献	146
第六章 蔬菜器官间互作机制与嫁接	152
第一节 器官互作与器官生长	152
一、地上部与地下部器官互作	153
二、营养器官与生殖器官互作	153
三、生殖器官与生殖器官互作	154
第二节 器官互作与器官形成	155
一、器官互作与器官发生	155
二、器官互作与侧枝发生	157
第三节 器官互作与抗逆	159
第四节 嫁接提高抗性的机制及其应用	162
一、嫁接与蔬菜生长发育及其抗性	162
二、嫁接提高抗性的机制	165
三、嫁接技术在蔬菜生产中的应用及存在的问题	171
主要参考文献	173
第七章 蔬菜连作障碍形成与防控	180
第一节 连作障碍	180
第二节 自毒作用与连作障碍	183
一、植物化感作用与自毒作用	183
二、自毒物质的形成、吸收与代谢	185
三、自毒物质的作用机制及其影响因素	188
第三节 连作中的土壤生物多样性和土壤病原菌变化规律	191
一、连作中土壤微生物多样性的变化	191
二、蔬菜连作中的土传病害	196
第四节 蔬菜连作中次生盐渍化的形成	199
一、我国菜地土壤次生盐渍化的现状与特征	199
二、设施土壤次生盐渍化产生原因	201
三、土壤次生盐渍化对作物的影响	202
第五节 连作障碍发生与各因子间的交互作用	203
一、根系自毒(化感)物质-土壤微生物(病原菌)互作	203
二、土壤盐分-土壤微生物互作	204
三、根系自毒(化感)物质-土壤盐分互作	204
第六节 连作障碍防控策略与技术	205
一、连作障碍防控策略	205
二、连作障碍防控技术及运用	206
主要参考文献	215

第八章 蔬菜污染物迁移、代谢与调控	221
第一节 蔬菜农药污染及其控制	221
一、蔬菜农药污染现状、危害和原因	221
二、农药在植物体中的降解代谢及调控	224
三、农药残留控制技术	228
第二节 蔬菜重金属污染及控制	230
一、我国蔬菜重金属污染现状及污染源	231
二、蔬菜对重金属的吸收、运输及积累	234
三、蔬菜重金属污染的防治措施	239
第三节 蔬菜有机污染物污染及控制	241
一、有机污染物的种类、来源、危害	241
二、有机污染物的积累及对蔬菜的影响	242
三、有机污染物控制技术	245
主要参考文献	247
附表 本书中的缩写、英文全名和中文名称	251
索引	257
彩图	

第一章 蔬菜生长发育与蔬菜生产

我国栽培蔬菜种类繁多，这些蔬菜经过一系列的生长发育过程，最终形成我们需要的根、叶、茎、花和果实等产品器官。生长发育是蔬菜产品器官形成的基础。蔬菜的生长发育特性与其原产地有关，是一个受内在调控的有序过程，但在很大程度上也受其生长的生态环境影响。不同蔬菜种类及品种对温度、光照、水分和养分等环境因子的要求有明显的差异，同一蔬菜在不同生长发育阶段对上述环境因子的需求也有所不同，从而形成了适合各地生态环境的种类和品种。因此，了解蔬菜作物的生长发育特性及其对环境条件的要求，对于蔬菜生产显得十分重要。

第一节 蔬菜种类及其生长发育过程

一、蔬菜的种类

我国是世界蔬菜起源中心之一，目前食用蔬菜有 300 余种，普遍栽培的蔬菜有 100 种以上。我国目前主要栽培的蔬菜中，有 30 种以上蔬菜原产于我国，如白菜、芥菜、大豆、赤豆、长豇豆、竹笋、山药、萝卜、草石蚕、大头菜、芋、魔芋、荸荠、莲藕、慈姑、茭白、蕹菜、葱、芥头、茄子、葫芦、丝瓜、茼蒿、紫苏、落葵等；另外一些蔬菜则分别在不同时期从国外引进（中国农业科学院蔬菜花卉研究所，2010；方智远，2004；李曙轩，1990；浙江农业大学，1988；吴耕民，1957）。这些蔬菜不仅在形态结构上存在许多差异，同时在生长习性和环境需求方面也存在许多不同。针对众多蔬菜，目前形成 3 种主要分类方法，即植物学分类方法、食用器官分类方法和农业生物学分类方法。

（一）植物学分类

该方法是按照植物间亲缘关系的远近、进化过程和形态进行分类。近年来，分子生物学方法也逐步渗透到植物学分类中。目前我国蔬菜植物约有 50 个科，其中绝大多数属于种子植物，既有双子叶植物，也有单子叶植物。在双子叶植物中，以十字花科、豆科、茄科、葫芦科、伞形科、菊科、睡莲科、姜科为主。单子叶植物中，以百合科、禾本科和天南星科为主。各科的主要蔬菜有以下几种。

十字花科：大白菜、小白菜、芥菜、结球甘蓝、花椰菜、菜薹和青花菜等；
豆科：菜豆、豇豆、蚕豆、毛豆和豌豆等；

茄科：番茄、茄子、辣椒和马铃薯等；

葫芦科：黄瓜、甜瓜、冬瓜、瓠瓜、南瓜、丝瓜、苦瓜和西瓜等；

伞形科：胡萝卜、芹菜和芫荽等；

菊科：莴苣、牛蒡、茼蒿和菊芋等；

睡莲科：莲藕、芡实和莼菜等；

百合科：韭菜、葱、洋葱、大蒜、百合和芦笋等；

姜科：姜和囊荷等；

禾本科：竹笋、菜用玉米和茭白等；

天南星科：芋艿和魔芋等。

(二) 食用器官分类

该分类方法是按照食用部分的器官形态，从植物器官构成的角度进行分类，这也是目前国际蔬菜生产中较为普遍的一种分类方法(藤目幸広等，2006)。具体如下所述。

(1) 根菜类(root vegetables)：这类蔬菜的食用器官为肉质直根(如萝卜、胡萝卜、芜菁、芜菁甘蓝、根用甜菜、牛蒡和大头菜等)或块根(豆薯、山芋和葛等)。

(2) 茎菜类(stem vegetables)：其食用器官为茎或变态茎，如地下茎类蔬菜中的马铃薯、莲藕、生姜、荸荠和芋头等，地上茎类蔬菜的茭白、芦笋、竹笋、莴笋和球茎甘蓝等。

(3) 叶菜类(leaf vegetables)：这类蔬菜是以叶片、叶球、叶丛或变态叶为食用器官的蔬菜，如小白菜、芥菜、菠菜和芹菜等普通叶菜类，结球甘蓝、大白菜、结球莴苣等结球叶菜类，葱和韭菜等香辛叶菜类，以及洋葱和大蒜等鳞茎菜类(由叶鞘基部膨大而来)等。

(4) 花菜类(flower vegetables)：是以花、肥大的花茎或花球为食用器官的一类蔬菜。主要蔬菜有花椰菜、青花菜、金针菜和芥蓝等。

(5) 果菜类(fruit vegetables)：以幼嫩果实或成熟果实为食用器官，如番茄、茄子、辣椒等浆果类蔬菜；菜豆、豇豆、毛豆、豌豆、蚕豆和扁豆等荚果类蔬菜；黄瓜、南瓜、冬瓜、丝瓜、瓠瓜、蛇瓜、西瓜和甜瓜等瓠果类蔬菜。

(6) 种子类(seed vegetables)：以种子作为食用器官的一类蔬菜，如莲籽、芡实等。

(三) 农业生物学分类

在蔬菜生产中，我们更多地采用农业生物学分类方法对蔬菜进行分类，农业生物学分类方法将蔬菜植物的生物学特性与栽培技术特点相结合，是我国近代园艺学家建立的一种比较实用的分类方法，一般分为13类(方智远，2004；李曙轩，

1990；浙江农业大学，1988），具体见表 1-1。近年来，一些学者在传统的 13 类基础上增加了一些蔬菜类别。

表 1-1 蔬菜农业生物学分类及其主要生物学特性

种类	主要蔬菜	生长发育特性与环境需求
根菜类 (taproot vegetables)	以肥大的肉质直根为食用产品的一类蔬菜，如萝卜、胡萝卜、芜菁甘蓝、芜菁、根用芥菜、根用甜菜、根用芹菜、牛蒡等	多为二年生蔬菜，起源于温带地区，喜温和（或）较冷凉的气候和充足的光照。第一年形成肉质根，贮藏大量的水分和碳水化合物，第二年抽薹开花
白菜类 (Chinese cabbage vegetables)	以柔嫩的叶片、叶球、花薹等为食用器官，主要为十字花科芸薹属蔬菜，如大白菜、小白菜、菜心等	它们大多数起源于温带地带，生长期需要湿润季节及冷凉的气候，多数为二年生植物，植株生长迅速，对氮肥要求较高。大多耐寒而不耐热
甘蓝类 (cabbage vegetables)	以柔嫩的叶球、花球、肉质茎等为食用器官，如甘蓝、花椰菜、青花菜、芥蓝、球茎甘蓝等	生长特性和对环境条件的要求与白菜类相近，其中花椰菜和青花菜的花芽形成对春化和光周期要求不严格
芥菜类 (mustard vegetables)	十字花科芸薹属 (<i>Brassica</i>) 芥菜种 (<i>junceae</i> Coss.) 的蔬菜，有根芥、茎芥、叶芥、薹芥四大类多个变种	需要湿润季节及冷凉的气候，多数为二年生植物
茄果类 (solanaceous fruit vegetables)	茄科中以果实为食用器官的一类蔬菜，主要有番茄、茄子、辣椒等	这类蔬菜起源于热带地区，喜温暖不耐寒。露地只能在无霜期生长，根群发达，要求有较深厚的土层，对日照长短要求不严格
瓜类 (cucurbitaceous vegetables)	葫芦科中以果实为食用器官的一类蔬菜，如黄瓜、南瓜、西瓜、甜瓜、冬瓜、丝瓜、苦瓜、蛇瓜、瓠瓜、菜瓜等	多数为起源于热带的一年生植物，多为雌雄同株异花。要求温暖气候而不耐寒，生育期要求较高的温度和充足的阳光，茎蔓生
豆类 (legume vegetables)	豆科植物中以幼嫩豆荚或种子为食用器官的一类蔬菜，如菜豆、豇豆、毛豆、刀豆、扁豆、豌豆、蚕豆等	除豌豆和蚕豆外大多为一年生植物，其中蚕豆、豌豆较耐寒，其他均要求较温暖的气候条件，豇豆和扁豆较耐高温。根系发达，有固氮能力
葱蒜类 (bulb vegetables)	百合科葱属中以鳞茎或叶片为食用器官、具有香辛味的一类蔬菜，如洋葱、大蒜、大葱、韭菜、细香葱等	一般为二年生作物。根系不发达，要求土壤肥沃、湿润，气候温和，但耐寒和抗热性都很强，鳞茎形成需要长日照条件，其中洋葱、大蒜在盛夏时进入休眠
绿叶菜类 (green leaf vegetables)	以幼嫩的绿叶、叶柄或嫩茎为食用器官的一类蔬菜，如茼蒿、芹菜、菠菜、茼蒿、苋菜、莴菜、落葵等	生长期较短，多数植株矮小、生长迅速，对氮肥和水分要求高；其中苋菜、莴菜、落葵等较耐热，其他则较耐寒或喜温
薯芋类 (tuber vegetables)	以肥大的地下块茎或地下块根为食用产品的一类蔬菜，如马铃薯、芋、姜、山药、豆薯等	除马铃薯不耐炎热外，其余都喜温、耐热。要求湿润、疏松、肥沃的土壤环境
水生蔬菜 (aquatic vegetables)	多在沼泽地区及河、湖、塘的浅水中生长的蔬菜，如莲藕、菱、茭白、荸荠、慈姑、水芹、芡实、蒲菜、莼菜、豆瓣菜等	根系欠发达，但体内具有发达的通气系统能适应水下空气稀少的环境。在温暖或炎热的季节生长，到气候寒冷时，地上部分枯萎
多年生蔬菜 (perennial vegetables)	竹笋、金针菜、芦笋、百合、香椿、枸杞等	为多年生植物。在温暖季节生长，冬季休眠。对土壤条件要求不太严格
食用菌类 (edible fungi)	蘑菇、草菇、香菇、平菇、金针菇、猴头菇、黑木耳、银耳等	富含蛋白质和多糖，大多以菌丝进行繁殖，以生物质为主要营养来源

除上述 3 种分类方法以外, 还可按照其生长发育过程分为一年生蔬菜、二年生蔬菜、多年生蔬菜和营养繁殖蔬菜, 也可按照对环境的要求分为喜冷凉蔬菜和喜温蔬菜等。

二、蔬菜生长发育过程

无论哪种蔬菜, 其产品器官的形成均是一系列生长发育的结果。所谓生长是指植物通过细胞分裂和膨大形成新的细胞和组织, 直接产生与其相似器官的现象, 也即通过细胞数目的增多和体积的增大, 引起体积或质量增加的一个量变过程。发育则是植物细胞通过分化产生形态和功能的变化, 形成新的特殊组织、器官和结构的现象, 发育的结果是产生新的器官如花、种子、果实和变态营养器官等。根据其生长发育过程, 我们可将蔬菜分为下列 4 种类型(浙江农业大学, 1988; 杉山直仪, 1982; 斋藤隆, 1982)。

(一) 一年生蔬菜

在播种的当年开花结实, 可以采收果实或种子(如茄果类、瓜类及喜温的豆类)。这些种类在幼苗成长后不久就进行花芽分化, 大多营养生长和生殖生长同时进行(图 1-1), 开花结果期较长, 如番茄、茄子、辣椒、黄瓜、西瓜、南瓜、甜瓜、毛豆、豇豆和菜豆等。

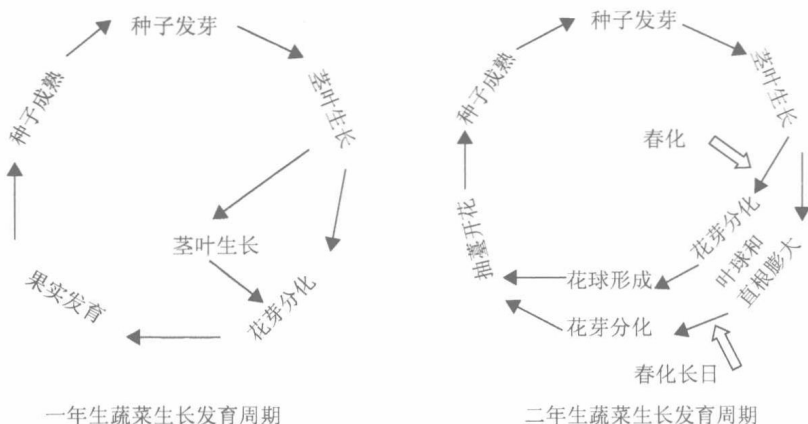


图 1-1 一年生和二年生蔬菜的生长发育周期

(二) 二年生蔬菜

这类蔬菜在播种的当年为营养生长, 经过一个冬季, 到第二年才抽薹开花、结实。在营养生长期中形成叶球、鳞茎、块根、肉质根等, 如白菜、甘蓝、芥菜、萝卜、胡萝卜、芜菁、大头菜、榨菜及一些耐寒的绿叶菜类(图 1-1)。这类蔬菜大都具有短缩茎的特点, 其花芽分化和抽薹大多需要一个春化和长日照的

诱导。但不同蔬菜对春化和日照的要求具有一定的差异，如青花菜对春化要求程度较低，在较高的温度下便可通过春化，在秋季和冬季形成花蕾和花球即产品器官，而白菜和萝卜等则一般在冬季形成产品器官并感受低温通过春化，在春季开花结实。

（三）多年生蔬菜

多年生蔬菜一次播种或栽植以后，可采收多年，无须每年繁殖，如韭菜、竹笋、金针菜、食用大黄、芦笋等。这类蔬菜利用较为发达的根状茎在生长较为旺盛的秋季储存大量的光合作用产物，提供给春暖后的生长和产品形成。

（四）无性繁殖蔬菜

这类蔬菜的生长过程，是从块茎、块根和鳞茎等变态器官的发芽生长到变态器官产品的形成，基本上都是营养生长，有时也可能开花结实(如马铃薯、大蒜、韭菜等)。这类蔬菜的块茎或块根发芽，一般要经过一段时间的休眠期，其变态器官的形成受光周期等影响。这类蔬菜具有繁殖系数低和易发生营养器官病毒积累而导致种性退化等问题。

第二节 蔬菜生长及其影响因子

蔬菜的生长是一个不可逆的量变过程，这个过程不仅受遗传因子如基因的影响，也受到生长环境的影响。植物中存在数以万计的基因，其中一些基因参与调节植物激素合成、细胞分裂和膨大、侧根和侧枝的发生等过程，最终决定植株的构型和大小。在这个过程中，植物激素和环境因子发挥了重要的作用。

一、蔬菜生长与调控

（一）植物生长中细胞分裂和伸长

植物生长以细胞分裂、分化和伸长为基础，表现为体积增大和质量增加。蔬菜的生长以及新的器官如根、茎、叶和花的形成都是在细胞分裂及随后的细胞伸长和分化过程中形成的。植物通过根尖、茎尖和形成层细胞的分裂增加细胞的数目，通过细胞伸长增加细胞的体积，通过细胞分化形成各种组织和器官，如植物根系中的细胞分裂、伸长与分化(图 1-2)。细胞分裂在植物生长发育过程中具有至关重要的作用，并受到多种因素的调控。