

生命科学名著



# 植物生物学

## Plant Biology

[英] A. M. 史密斯 G. 库普兰特 L. 多兰 N. 哈伯德 编著  
J. 琼斯 C. 马丁 R. 萨布洛斯基 A. 埃米  
瞿礼嘉 顾红雅 刘敬婧 秦跟基 主译



科学出版社



光合生物接收太阳光，为地球上几乎所有生物提供能量。植物是目前最占主导地位的陆地光合生物，因此，了解植物生物学是当今科学研究最重要的目标之一，这一目标随着人类活动造成的地球环境变化开始威胁生态系统的稳定性而变得日渐紧迫起来。

《植物生物学》是一部阐述植物科学现有知识的著作，讲述了植物科学的辉煌发展历程，且讲述方式受近二十年来全新见解的影响颇深。很多在书中阐明的最新植物科学的进展将有助于读者从整体上更为深刻地理解现代生物学。

### 本书特色

- ◎ 本书英文版由美国Taylor & Francis旗下的Garland Science出版集团出版。作者为欧洲著名植物分子生物学研究所John Innes Center的七位杰出植物生物学家，其中包括*Plant Cell*杂志现任主编Cathie Martin博士。
- ◎ 本书共分9章，内容涵盖植物演化、植物基因组和遗传、植物细胞、植物代谢和发育、植物与环境的关系以及植物对人类社会的影响，全面、系统、权威地阐述了当前人们对植物生物学研究的最新、最前沿的理解。
- ◎ 本书结构简洁，内容深入浅出，图文并茂，编排有序，是植物生物学领域最新的重要著作，也是植物生物学研究的绝好教材和入门参考书。

——译者推荐

封面图由上海辰山植物园肖月娥提供，为花菖蒲*Iris ensata* ‘Tsumugimusume’；内文文前图由中国科学院植物研究所李敏提供，为红豆杉*Taxus wallichiana* var. *chinensis*。

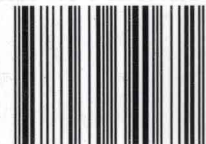


科学出版中心 生物分社  
联系电话：010-64012501  
E-mail: lifescience@mail.sciencep.com  
网 址: <http://www.lifescience.com.cn>

销售分类建议：生物学 / 植物学

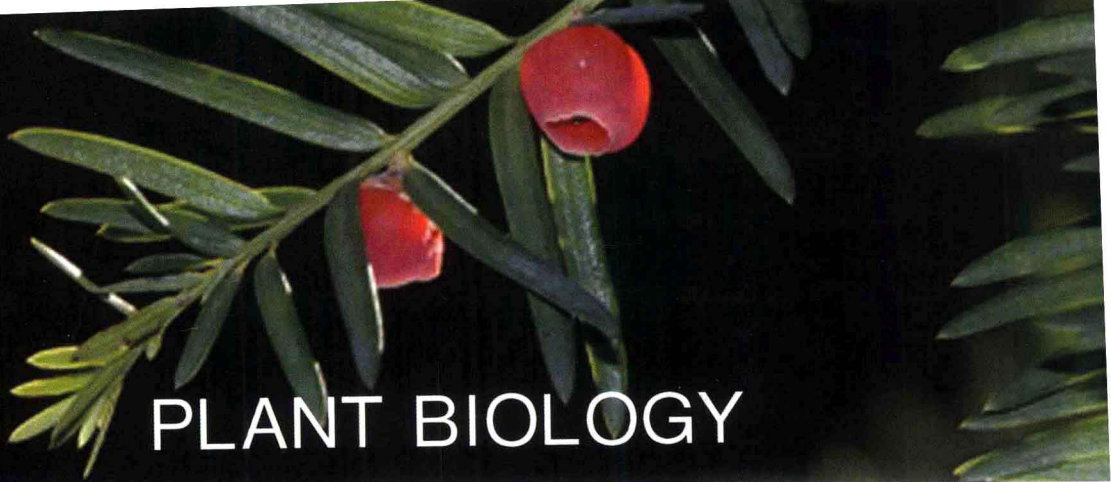
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

ISBN 978-7-03-034067-2



9 787030 340672 >

定价：180.00元



PLANT BIOLOGY

# 植物生物学

〔英〕 A. M. 史密斯 G. 库普兰特  
L. 多兰 N. 哈伯德 J. 琼斯 编著  
C. 马丁 R. 萨布洛斯基 A. 埃米  
瞿礼嘉 顾红雅 刘敬婧 秦跟基 主译

科学出版社

北京

图字：01—2010—1296 号

## 内 容 简 介

本书由欧洲著名植物分子生物学研究所 John Innes Center 的七位杰出植物生物学家合作撰写。全书共分九章，首先介绍现代植物起源研究，并简述植物基因组和遗传学的特征，随后阐述植物细胞、代谢和发育等方面的基础知识和研究进展，以及植物对环境信号的接受和应对生物胁迫和非生物胁迫的策略，最后讨论植物学研究发展与人类社会的关系。本书内容全面、系统、权威，反映了当前人们对植物学在分子层面上的最新、最前沿的理解。全书结构简洁，语言深入浅出，图文并茂，编排有序，是植物生物学领域的一部全新的重要著作。

本书适合于植物学、分子生物学、生物化学、细胞生物学、农学等相关领域的高年级本科生、研究生、教师和科研人员阅读参考。

Plant Biology, by Alison M. Smith, George Couplant, Liam Dolan, Nicholas Harberd, Jonathan Jones, Cathie Martin, Robert Sablowski, Abigail Amey

Copyright 2010 by Garland Science, Taylor & Francis Group, LLC

Chinese Translation Edition Copyright 2012 Science Press

All Rights Reserved

Authorized translation from English language edition published by Garland Science, part of Taylor & Francis Group LLC.

本书封面贴有 Taylor & Francis 集团防伪标签，未贴防伪标签属未获授权的非法行为。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

植物生物学 / (英) 史密斯 (Smith, A. M.) 等编著; 瞿礼嘉等译.  
—北京: 科学出版社, 2012

(生命科学名著)

Plant Biology

ISBN 978-7-03-034067-2

I. ①植… II. ①史… ②瞿… III. ①植物学-研究 IV. ①Q94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 072489 号

责任编辑: 王海光 刘 晶 / 责任校对: 刘小梅 包志虹 钟 洋

责任印制: 钱玉芬 / 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>

北京佳信达欣艺术印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2012 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012 年 6 月第一次印刷 印张: 44 3/4

字数: 1 028 000

定价: 180.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



## 译校者名单

主译 瞿礼嘉 顾红雅 刘敬婧 秦跟基

参译 (以姓氏笔画为序)

王剑峤	王维莹	韦宝耶	石 佼
朱久磊	李 萌	李 爽	李世柏
李洁如	杨 琰	张 俊	何雨点
林 青	侯仙慧	侯英楠	钟 声
唐智鹏	黄清配	雷 蕾	魏 嘉

主校 瞿礼嘉 顾红雅

参校 蔡 乐 张慧婷 施逸豪 张汉林



## 译者的话

于我而言，今天《植物生物学》（中文版）的付梓印刷有着特殊意义。

还记得八年前，科学出版社出版了我和同事们翻译的《植物生物化学与分子生物学》（中文版），那是一部超过一千页的鸿篇巨著，由于其既兼顾植物分子生物学领域研究的历史，又详尽介绍其研究现状和未来发展方向，且图文印刷质量极佳，因而受到了广大国内同行的欢迎，有不少科研院所都把它列入研究生的必读书目。此书需求甚广，直到最近还有朋友希望购买此书。与此同时，也有不少同行以及读者朋友来信反映这本书太厚，内容太多，希望能有一本内容稍少、言简意赅的简装版。数年前，我在一个会议上见到原书主编之一的瑞士联邦工学院威利·格鲁森（Wilhelm Gruissem）教授时曾问过他，现在植物分子生物学的研究日新月异，他们是否考虑更新内容编写《植物生物化学与分子生物学》的第二版或是新的简装版，他说由于年龄、工作单位变更等各种原因，要再组织起一群志同道合的学者编写第二版很困难，因而虽然有此想法却迟迟没有动手。当时我觉得这真是一件很可惜的事情。2010年，Taylor & Francis集团下属的Garland Science出版社出版了*Plant Biology*，我一看到这本书，马上就有“就是它了”的感觉，读过之后这种感觉就更为强烈了。*Plant Biology*是由七位英国植物学家共同撰写而成，他们都是约翰因内斯中心（John Innes Center）的科学家，他们各自的研究都代表了目前英国植物分子生物学研究最活跃、最前沿的水平。约翰因内斯中心一直是欧洲最好的植物科学研究所之一，由于有20世纪90年代中期在约翰因内斯中心做访问学者的经历，我对这个中心比较了解，很有感情，因而也长期在想一个问题，一个聚集了这么多世界顶尖植物学家的研究所为什么不能也组织起来写一部植物分子生物学研究领域的“圣经”呢？看到这本*Plant Biology*后我突然有了释然的感觉，约翰因内斯中心终于“出手”了！所以当科学出版社找我，希望我能够把这本书翻译成中文时，我毫不犹豫欣然接受了下来。

《植物生物学》分为九章，内容从植物演化、植物基因组和遗传，到植物细胞、代

谢和发育，再到植物与环境的关系以及对人类社会和生活的影响，涵盖了目前我们对植物在各个层面上的理解，既全面（宏观、微观都有）又重点突出（突出植物遗传学和基因组学的重要地位）。总体而言，《植物生物学》的篇幅不像《植物生物化学与分子生物学》那么大（约一半多一点），内容新颖简洁，比较适合于高年级本科生和研究生使用。值得一提的是，该书的最后一位作者是一位拥有生物化学博士学位的专栏编辑，他的加入为该书文字的润色和图表的编排添色不少，使之读起来更加浅显易懂。

本书的翻译工作持续了两年的时间，先后有我们实验室的二十多人参与其中，因此是典型的团队作品。在翻译的过程中，特别是在翻译一些特殊的专业词汇时，中国科学院植物研究所的漆小泉、陈之端、孙苗和刘夙给予了很大帮助；由于部分图片尚有未解决的版权问题，北京大学生命科学学院张慧婷同学负责了这些图中大部分的绘制工作，复旦大学马红教授和中国科学院遗传与发育生物学研究所薛勇彪研究员也为我们提供了他们自己实验室拍摄的图片，对于这些帮助我们心存感谢。对于原书的一些排版和书写错误，我们也在尽可能在忠于原著的基础上予以改正。另外还要强调的是，整个翻译和校阅工作对我们自己而言也是一个学习和提高的过程，本书内容覆盖面大，细节多，我们虽然竭尽全力，仍然难免会出现这样那样的疏漏，对此我们恳请读者朋友谅解，并不吝指正。

《植物生物学》（中文版）得到了北京大学蛋白质与植物基因研究国家重点实验室和生命科学学院的大力支持。我们要深深感谢所有参与翻译和校阅以及为我们的工作提供方便和帮助的北京大学的老师和同学；深深感谢科学出版社的王静女士，王静是我们之前那本书的责任编辑，现在已是部门领导，我们一起合作多次，彼此很熟悉，她是本书引进翻译的推动者；深深感谢王海光和刘晶两位责任编辑，她们为本书付出了大量的心血和汗水，她们高度的责任心和忘我的工作作风令人钦佩。最后，我们想感谢《植物生物学》的原书作者们，是他们的卓越工作带给了我们大家一部有关植物学研究最新理解的好书，翻译时我们很享受阅读这本书的过程，也希望读者朋友阅读这本《植物生物学》（中文版）时获得同样的享受！

谨以此部译著献给北京大学一百一十四周年校庆！

瞿礼嘉 代表所有译校人员  
2012年春于燕园



## 前 言

生物通过光合作用捕获的太阳光是地球上几乎所有生物的能量来源，而植物作为生活在陆地上的主要光合作用生物，为地球上几乎所有生态系统提供能源。因此，了解植物生物学是当今科学研究最重要的目标之一，由于人类活动造成地球环境的变化从而威胁到生态系统的稳定性，这一目标因而也变得日益紧迫。

《植物生物学》是一本有关植物科学“目前我们知道什么”的书，讲述了有关植物科学的历史，但整个内容设置受到近二十年来出现的全新概念的很大影响。就经典而言，以前人们主要在生物化学、细胞生物学以及生物体水平上研究植物的生长、发育、代谢以及对环境的反应。然而 20 世纪 80 年代早期出现的两股变革浪潮彻底改变了人们对植物生物学的认识。

第一个浪潮是人们认识到遗传学和分子遗传学也可以用来研究一般的植物生物学问题。当然，植物遗传学本身就有一段辉煌的历史，发现基因是遗传的基本单位以及发现 DNA 转座子都是在植物中被发现的。这第一个浪潮的不同之处在于人们认识到遗传学和分子遗传学可以成为研究植物生物学各个方面问题的工具，而在以前人们并没有把它划定在植物遗传学研究的范畴内。人们开始通过研究遗传上发生改变的，即带有突变基因、产生了突变表型的植物（突变体）来研究生长、代谢以及植物生物学的许多其他领域。

紧接着就有了第二个变革的浪潮，这个浪潮的起点可以精确地定位到 1999 年的年末——第一个植物全基因组序列正式发表之时。从此，许多植物都进行了全基因组序列测定，我们今天仍然生活在这一“基因组”的浪潮当中，其结果和深远影响还无法盖棺定论。但有一点是确定无疑的，那就是这两个浪潮已经彻底改变了我们对植物生物学的想法。

我们之所以撰写这本《植物生物学》，是因为我们感受到了需求，需要有一本教科书来反映这些令人激动的研究前景的变化。本书开篇是一个有关我们现代植物起源研究的小结，包括如何认定陆地植物的祖先是水生藻类，植物如何上陆，有花植物（被



子植物) 如何主宰陆地植被等。随后, 鉴于遗传学在本书其余部分内容中的重要地位, 我们安排了有关植物基因组和遗传学的特征的内容。后边的章节则综述目前我们在植物细胞生物学、植物代谢和植物发育生物学中的现有知识。我们用三章的篇幅简要介绍植物与环境的相互作用, 包括植物如何应对环境变化调节自身的生长、植物如何应对胁迫以及植物如何与其他生物体相互作用。最后一章阐述植物与人的关系, 包括驯化、农业以及作物育种。

目前我们所了解的知识甚至在几年前还是无法想象的, 有一个例子可以说明这一点, 那就是我们现在已经知道植物是如何通过特定的转录因子间的相互作用以及相对的空间分布来调控花的形成的。我们在本书中讨论到的许多植物生物学领域的最新进展有助于我们从整体上更好地理解现代生物学。

本书编排上的特点如学习目的、章节小结、信息框以及延伸阅读文献推荐等对于加强读者对重要概念的理解很有助益。使用《植物生物学》为教材讲课的教师可以使用 Garland Science Classwire™, 利用它教师可以很容易地为其课程建立网站, 并拥有用于授课的网上资源。注册后, 教师可以下载《植物生物学》所有图, 这些图的格式为 JPEG 或是 PowerPoint。请访问 Garland Science 网站 ([www.garlandscience.com](http://www.garlandscience.com)) 或者发电子邮件到 [science@garland.com](mailto:science@garland.com) 索取更多有关 Classwire 的信息。

《植物生物学》的面世是很多人共同努力的结果。我们感谢本书的审稿人, 他们提出的富有建设性和深刻见地的建议对我们弥足珍贵, 特别要感谢 Anil Day、Rob Martensen 和 Graham Moore 对本书的贡献。毋庸赘言, 本书的任何错误均为我们的无心差池而与审稿人无关。Nigel Orme 图画得非常好, Tobias Kieser 的照片精美, 极大地提升了文字的阐述清晰度和质量。感谢 Linda Strange 对本书文字娴熟的编辑工作和字斟句酌, Keith Roberts 在本书的不同阶段都提供了宝贵的建议、鼓励以及质量监控。我们感谢 Dick Flavell 在本书撰写早期的大量投入, 感谢 Chris Lamb 以及 John Innes Center 对本书完成的支持。最后我们想感谢 Garland Science 出版社所有工作人员, 特别要感谢 Matt Day 在本书早期的协调工作, Dominic Holdsworth 接手直至完成, Liz Owen、Simon Hill、Georgina Lucas 和 Helen Powis 在最后编辑和印刷阶段的努力, 以及 Denise Schanck 对本书自始至终的支持。

希望您享受本书带来的快乐!

A. M. 史密斯 G. 库普兰特 L. 多兰 N. 哈伯德  
J. 琼斯 C. 马丁 R. 萨布洛斯基 A. 埃米



## 致 谢

在本书编写过程中，很多植物生物学家为我们提供了实用的意见，我们特别希望感谢以下学者：

Richard Amasino, University of Wisconsin-Madison

Dorothea Bartels, University of Bonn

David Baulcombe, University of Cambridge

Andrew Bent, University of Wisconsin-Madison

Frederic Berger, Temasek Life Sciences Laboratory, Singapore

Hans Bohnert, University of Illinois

Terry Brown, University of Manchester

Maarten J. Chrispeels, University of California, San Diego

Jeff Dangl, University of North Carolina

Anil Day, University of Manchester

David T. Dennis, Performance Plants Inc.

Allan Downie, John Innes Centre, Norwich

Jeff Ellis, CSIRO Plant Industry, Canberra

Noel Ellis, John Innes Centre, Norwich

Robert Furbank, CSIRO Plant Industry, Canberra

Jeremy Harbinson, Wageningen University

Patrick Hayes, Oregon State University

Elizabeth A. Kellogg, University of Missouri, St. Louis

Paul Kenrick, The Natural History Museum

Ross E. Koning, Eastern Connecticut State University

Jane Langdale, Oxford University

Ottoline Leyser, University of York

Chentao Lin, University of California, Los Angeles

Enrique Lopez-Juez, Royal Holloway, University of London

John Mansfield, Imperial College

Ron Martienssen, Cold Spring Harbor Laboratory

Graham Moore, John Innes Centre, Norwich

Andy Maule, John Innes Centre, Norwich

Timothy Nelson, Yale University

T. Kaye Peterman, Wellesley College

Eric J. Richards, Boyce Thompson Institute for Plant Research

Fred Sack, University of British Columbia

Peter Shaw, John Innes Centre, Norwich

Jonathan Walton, Michigan State University

Gary Whitelam, Leicester University



# 目 录

译者的话

前言

致谢



## 起源 1

### 1.1 地球、细胞和光合作用 2

地球在 46 亿年前形成 2

光合作用在约 35 亿年前演化出来 4

产氧光合作用在 22 亿年前广泛存在 5

光合作用蓝细菌产生富氧的大气 6

地球上早期的生命在缺乏臭氧保护的大气中演化 6

### 1.2 真核细胞 7

光合真核生物从两种内共生作用中产生 7

几类光合生物体是从产生质体的内共生作用中衍生而来 9

化石证据表明真核生物在 27 亿年前形成，多细胞生物在 12.5 亿年前形成 9

动物和藻类在早寒武纪的多样化 12

### 1.3 陆地植物 13

绿色植物为单起源 13

陆地植物可能由与轮藻近缘的植物衍生而来 14

信息框 1-1 在亲缘关系和演化方面 DNA 能够告诉我们什么 15

小型化石说明早期的陆地植物出现在中奥陶纪（约 4.75 亿年前） 16

志留纪和泥盆纪期间植物多样性的增加 17

孢子囊的数目可以把最早的陆地植物和它们衍生的后代区别开来 18

植物大小的增长伴随着维管系统的演化 19

一些最早的维管植物和现在的石松类有亲缘关系 21

木贼、真蕨以及种子植物是从 4 亿年前泥盆纪早期的一类无叶植物中产生的 23

真蕨和木贼类演化于泥盆纪 25

随着陆生植物的早期演化，其化学成分和细胞复杂性增加 25

大气中  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  水平取决于光合作用和碳掩埋的速率 26

陆生植物的演化在一定程度上造成了 4.5 亿年前大气  $\text{CO}_2$  含量开始下降 27

古生代中期大气 CO<sub>2</sub> 含量的下降是大叶片演化的驱动力 29

#### 1.4 种子植物 30

种子包含受精产生的遗传物质, 并且被孢子体发育而来的组织所包被 31

种子植物起源于泥盆纪, 且在 2.9 亿~2.5 亿年前的二叠纪蓬勃发展 32

泥盆纪孢子体世代开始在陆生植物的生活史中占主导地位 33

至今有 5 类种子植物生存在地球上 37

#### 1.5 被子植物 37

被子植物出现在 1.35 亿年前早白垩纪的化石中 37

被子植物起源于热带, 随后扩散到高纬度地区 38

无油樟是所有现存被子植物的姐妹类群 39

真双子叶植物通过花粉孔的数目区别于其他有花植物 41

最早的被子植物花器官形态小, 由很多部分组成 42

单子叶植物是一个单系类群 43

禾本科起源于 6000 万年前, 但在较晚期开始分化 45



## 基因组 49

### 2.1 核基因组: 染色体 50

#### 2.2 染色体 DNA 51

着丝粒与端粒中存在特殊的 DNA 重复序列 51

核基因可以转录成几种类型的 RNA 53

植物的染色体组含有多种可移动的遗传因子 55

#### 2.3 核基因的调节 58

调控序列和转录因子控制基因转录发生的位置及时间 59

信息框 2-1 由转录因子完成的联合调控 62

基因的活性可以通过染色质 DNA 和蛋白质的化学变化进行调控 65

染色质修饰可以通过细胞分裂遗传下去 67

基因功能也在 RNA 水平受到调控 69

调节性小 RNA 控制 mRNA 的功能 70

小 RNA 能够指导在特定 DNA 的序列上进行染色质修饰 73

#### 2.4 基因组序列 74

拟南芥基因组是第一个被全部测序的植物基因组 74

分析基因组序列鉴定单个基因 74

测序结果显示, 拟南芥基因组具有与动物基因组类似的复杂性, 但其中又有很大比例的植物特有基因 75

植物基因组的比较揭示出它们之间保守和分歧的特征 77

大多数被子植物在演化历程中都经历过基因组加倍 78

通过重复和分化, 基因能够获得新的功能 79

在亲缘关系很近的植物物种中, 基因排列的顺序是保守的 82

#### 2.5 基因组和生物技术 84

突变基因可以通过与已知分子标记的共分离结果定位在基因组中 84

由 DNA 插入引起突变的基因可以通过检测插入序列来定位 85

基因可在 DNA 水平直接通过筛选突变体获得, 而不依赖于表型 87

- RNA 干涉也是敲除基因功能的一种方法 88
- 多基因遗传可通过绘制数量性状基因座 (QTL) 图谱进行分析 88
- 基因组测序促进了新技术的发展, 使得人们可以同时观测多个基因的活性 89
- 2.6 细胞质基因组 91
- 质体和线粒体由被吞入其他细胞中的细菌演化而来 91
- 细胞器基因不遵循孟德尔遗传定律 92
- 质体和线粒体的基因组在演化过程中不断被简化 92
- 细胞器中的大多数多肽由核基因组编码并定位于细胞器 93
- 质体 DNA 的复制和重组并不与细胞分裂紧密偶联 94
- 质体和真细菌中基因表达具有相同的特征 95
- 质体中含有两种不同的 RNA 聚合酶 95
- 转录后加工对于调控质体基因的表达十分重要 97
- 细胞器转录物经过 RNA 编辑 98
- 翻译后加工可维持多亚基复合体中核编码与质体编码的组分的正确比例 98
- 质体基因表达的发育调控也包括质体与细胞核之间的信号通路 98



## 细胞 103

- 3.1 细胞周期 105
- 细胞周期各个阶段的转换由一套复杂的机制来调控 106
- 信息框 3-1 细胞核 108
- 植物细胞周期受发育和环境调控 112
- 许多分化中的细胞进行核内复制: 没有核分裂和细胞分裂的 DNA 复制 112
- 3.2 细胞分裂 116
- 细胞分裂中细胞组分随细胞骨架迁移 117
- 信息框 3-2 细胞骨架 117
- 早前期带发生在即将形成新细胞壁的位置 118
- 复制后的姐妹染色单体在纺锤体微管牵引下分离 120
- 微管指引确定新细胞壁合成的成膜体形成 121
- 囊泡将原料从高尔基体运送到新形成的细胞壁 126
- 减数分裂是产生单倍体细胞和遗传多样性的一种特殊细胞分裂 128
- 3.3 细胞器 132
- 质体和线粒体的复制独立于细胞分裂 134
- 质体和线粒体的生物合成与多种蛋白质的翻译后转入相关 136
- 内膜系统将蛋白质转运到细胞表面和液泡中 139
- 细胞器在细胞内的运动依赖肌动蛋白微丝 145
- 3.4 初生细胞壁 146
- 细胞壁基质由果胶和半纤维素组成 148
- 纤维素是在细胞板形成后的细胞表面合成的 149
- 细胞壁的糖类组分相互作用形成坚韧而有弹性的结构 151
- 糖蛋白和酶在细胞壁中具有重要功能 153
- 胞间连丝在细胞间形成通道 155

- 3.5 细胞膨大和细胞形态 158
- 质膜性质决定细胞组成并调控细胞和外界环境之间的相互作用 158
  - 质子的跨膜运输形成电势和质子势来驱动其他运输过程 159
  - 水孔蛋白介导水分的跨膜运动 160
  - 细胞膨大是由溶质涌入液泡所驱动的 162
  - 液泡是储存物质和隔离物质的场所 166
  - 相互协调的离子转运和水分运动驱动气孔开启 167
  - 细胞膨大的方向由细胞皮层中的微管来决定 170
  - 细胞膨大时肌动蛋白丝引导新物质添加到细胞表面 173
  - 在根毛细胞和花粉管细胞中,细胞膨大位于细胞顶端 173
- 3.6 次生细胞壁和角质层 176
- 次生细胞壁的结构和成分随着细胞类型的改变而改变 177
  - 木质素是很多次生细胞壁的主要组成成分 178
  - 木质化是木质导管和管胞细胞的特征 182
  - 木材由维管组织次生长形成 183
  - 角质层形成植物地上部分的疏水屏障 187



## 4 新陈代谢 193

- 4.1 代谢通路的调控 194
- 区室化提高了代谢多样性的可能 194
  - 代谢过程受酶活性的协调和控制 196
- 4.2 碳的同化:光合作用 199
- 碳通过卡尔文循环被吸收 201
  - 叶绿体类囊体上的光俘获过程为碳的同化提供能量 202
  - 叶绿素分子捕获光能并将其转移至反应中心 204
  - 反应中心间的电子传递使  $\text{NADP}^+$  被还原并建立了跨类囊体膜的质子梯度 205
  - 信息框 4-1 光 206
  - 质子梯度通过 ATP 合酶复合体驱动 ATP 的合成 211
  - 通过调控光捕获过程使过量激发能的耗散达到最大 214
  - 碳的同化和能量供应受到卡尔文循环酶的协调 215
  - 蔗糖的合成受光合作用以及植物非光合部分对碳需求的严格调控 218
  - 淀粉的合成使得光合作用在蔗糖合成受限时也能保持在较高水平 224
- 4.3 光呼吸作用 226
- Rubisco 可以用  $\text{O}_2$  代替  $\text{CO}_2$  作为底物 226
  - 光呼吸机制在叶片碳和氮利用方面的影响 229
  - C4 植物通过浓缩  $\text{CO}_2$  来消除光呼吸作用 231
- 4.4 蔗糖的运输 239
- 蔗糖通过韧皮部运送到植物非光合作用部位 239
  - 韧皮部的装载可能是质外体装载或共质体装载 239
  - 蔗糖从韧皮部卸载的途径取决于植物器官的种类 243
  - 叶片提供的吸收物和植物其他地方的需求是一致的 245

- 4.5 非光合作用的能量和前体的合成 247
- 蔗糖和己糖磷酸之间的相互转换灵敏地调节蔗糖代谢 247
  - 糖酵解和戊糖磷酸氧化途径产生还原力、ATP 和生物合成途径前体物质 249
  - 三羧酸循环和线粒体电子传递链是非光合作用细胞的 ATP 的主要来源 252
  - 蔗糖在“代谢骨架”途径中的分配是相当灵活的,与细胞的功能相关 261
- 4.6 碳的储存 262
- 糖在液泡中的储存 263
  - 淀粉颗粒是由一些小家族淀粉合酶和淀粉分支酶合成的半晶状结构 264
  - 淀粉降解的途径取决于植物器官的类型 269
  - 一些植物储存可溶的果糖多聚体而非淀粉 270
  - 储存性脂肪由内质网中的脂肪酸合成 272
  - 储存脂类中脂肪酸的组分因物种而异 276
  - 通过 $\beta$ 氧化和糖异生作用将三酰甘油转变为糖 281
  - 蔗糖可能作为决定碳储存程度的信号 281
- 4.7 质体代谢 285
- 质体通过代谢物转运蛋白与细胞质交换特定代谢物 286
  - 脂肪酸通过质体中的酶复合体合成 288
  - 细胞中通过与“真核”途径不同的“原核”途径进行质体内膜脂质的合成 292
  - 萜类化合物的合成在质体和胞质内途径不同而产生不同的产物 295
  - 叶绿素和亚铁血红素的前体——四吡咯是在质体中合成的 301
- 4.8 氮同化 303
- 植物包含几种类型的硝酸盐转运蛋白,受不同信号的调节 304
  - 硝酸盐还原酶受不同水平的调节 306
  - 氨基酸生物合成部分受到反馈调节 310
  - 氮以氨基酸和特定储存蛋白的形式被储存 318
- 4.9 磷、硫和铁的同化 321
- 磷的供给量是植物生长的一个主要限制因素 324
  - 硫以硫酸盐的形式被吸收,然后还原为硫化物同化到半胱氨酸中 326
  - 铁吸收需要特别的机制来提高其在土壤中的溶解性 328
- 4.10 水分和矿物质的运输 332
- 水从土壤中转移到叶片,在此处以蒸腾作用形式散失 332
  - 水分从根到叶片是通过液压的机制达到的 333
  - 植物中矿物质营养物的运输同时涉及木质部和韧皮部 335



## 发育 341

- 5.1 植物发育综述 341
- 动物和植物中多细胞性是独立演化的 344
  - 团藻是一种简单的系统,可以用于研究多细胞性的遗传基础 345
- 5.2 胚胎和种子的发育 347
- 在 *Fucus* 胚胎中顶端-基部对称轴建立的外源信号 347
  - 在 *Fucus* 的胚胎中细胞壁对细胞命运的决定有指向作用 349

- 高等植物中的胚胎发育发生在种子内部 350
- 胚胎细胞的位置决定它们的命运 352
- 信息框 5-1 纯系分析 352
- 生长素运输蛋白的不断极化参与介导胚胎中基极的形成 354
- 胚根与下胚轴中的径向细胞模式由 SCARECROW 和 SHOOT ROOT 转录因子决定 355
- 胚胎中建立顶端-基部对称轴以及径向模式所需的信号分子同样也用于根分生组织的定位 358
- 茎顶端分生组织的建立是循序渐进的, 而且不依赖于根分生组织 359
- 胚乳发育与胚胎发育同步进行 361
- 产生胚乳的细胞分裂在受精之前一直受到抑制 361
- 在胚与胚乳发育成熟之后, 种子往往进入休眠期 362
- 5.3 根的发育 364
- 植物的根至少独立演化了两次 364
- 根中的几个区域含有处于连续分化阶段的细胞 365
- 拟南芥的根细胞组成简单 366
- 信息框 5-2 动、植物中的干细胞 367
- 根中细胞的命运由它的位置决定 367
- 遗传分析进一步确认了细胞位置决定细胞类型的推断 368
- 侧根的发育需要生长素 369
- 5.4 茎的发育 371
- 茎顶端分生组织的细胞在径向区域和同心层内的排列是有序的 372
- 分生组织新增的细胞数目始终与形成新器官的细胞数目相平衡 375
- 器官原基是以一种重复的模式从分生组织的侧翼发生的 378
- 基因表达的改变早于原基出现 380
- 在叶片发育的过程中, 复叶的发育与分生组织的表达有关联 380
- 叶片的成型依赖于有序的细胞分裂以及之后的细胞扩张和分化 381
- 在发育早期, 叶原基的不同区域获得不同的命运 382
- 特定的基因调控叶片两面的差异 384
- 侧生长需要叶片的背面和腹面之间的分界 386
- 叶片通过调控细胞分裂和细胞扩展来达到其最终的形状和大小 387
- 叶片的生长伴随有日趋复杂、精细的维管系统的发育, 这个过程受到生长素运输的控制 389
- 细胞间的通信以及定向的细胞分裂控制了叶片中特化细胞类型所处的位置 391
- 叶的衰老是一个活跃的过程: 能够在叶片的生命末期从叶片中回收养分 393
- 分枝起源于侧生分生组织, 而侧生分生组织的生长受到顶端分生组织的影响 395
- 节间的生长通过细胞分裂和细胞伸长来完成, 而且受到赤霉素的控制 397
- 一层分生组织细胞产生维管组织, 并引起茎的次生加厚 399
- 5.5 从营养生长到生殖生长 400
- 被子植物的生殖结构是由花和花序分生组织产生的 401
- 花分生组织的发育是由一个保守的调控基因来启动的 402
- LEAFY 类的表达模式决定了花序的构造 402
- 花在外观上差异很大, 但其基本结构是由高度保守的基因来控制形成的 405
- 在花器官特征的 ABC 模型中, 每种类型的器官都由一种特定的同源异型基因的组合决定 407
- 在被子植物中, 花器官特征基因是保守的 411
- 花器官的不对称生长产生两侧对称的花 412



另外的一些调控基因控制花器官发育的晚期阶段 413

## 5.6 从孢子体到配子体 414

雄配子体是花粉粒,它具有一个营养细胞、雄性配子和一层坚硬的细胞壁 415

周围的孢子体组织可以辅助花粉的发育 417

雌配子体在胚珠中发育,为双受精提供配子,从而形成合子和胚乳 419

雌配子体的发育是与胚珠中孢子体组织的发育协调一致的 420

花粉粒在柱头上萌发,形成花粉管并将精细胞核向胚珠运输 421

花粉管的生长导向受到来自心皮组织的长距离信号以及胚珠的短距离信号的影响 421

植物的某些机制只允许携带特定基因的花粉管生长 422

自交不亲和性可能是配子体或者孢子体性质的,这一点取决于被识别的花粉蛋白的来源 424

被子植物有双受精现象 424

来自雌、雄配子的基因在受精后的表达并不是等同的 426

一些植物未受精也可产生种子 428



## 环境信号 433

### 6.1 种子萌发 434

### 6.2 光和光受体 436

在光照和黑暗条件下,植物的发育会通过两种不同模式进行 436

探测不同波长光的光受体 437

照射红光能使无活性的光敏色素转变为有活性的形式 438

不同形式的光敏色素发挥不同的功能 442

光敏色素在避阴反应中发挥作用 445

隐花色素是具有特定和重叠功能的蓝光受体 446

向光素是参与向光性、气孔张开和叶绿体迁移的蓝光受体 449

一些光受体会响应红光和蓝光 451

生物化学和遗传学的研究可以提供光敏色素信号转导途径中组分的信息 452

### 6.3 幼苗发育 455

乙烯由甲硫氨酸合成而来,其合成途径受到一个基因家族控制 455

利用遗传分析鉴定乙烯信号转导途径中的组分 456

乙烯与受体的结合负调控乙烯响应 459

CTR1的失活可以使乙烯信号链的下游组分被激活 460

乙烯与其他信号途径的相互作用 460

幼苗的光响应在暗下被抑制 461

COP1和COP9信号转导体通过使光形态建成必需的蛋白质脱稳定来发挥作用 462

油菜素类固醇对于暗下光形态建成的抑制以及植物发育中的其他重要功能是必需的 464

### 6.4 开花 468

许多植物的生殖发育受光周期调控 470

在光周期控制开花的过程中,光敏色素和隐花色素作为光受体来行使功能 473

昼夜节律可以控制植物许多基因表达并影响光周期对开花的控制 473

植物的昼夜节律来源于输入的环境信号、中央振荡器以及输出的节律性应答 477

叶片产生的物质会促进或者抑制开花 480