

国外经典教材译丛

Plant Physiology 植物生理学

Fourth Edition (第四版)

〔美〕Lincoln Taiz Eduardo Zeiger

宋纯鹏 王学路 等译



科学出版社
www.sciencep.com

国外经典教材译丛

植物生理学

(第四版)

〔美〕Lincoln Taiz Eduardo Zeiger

宋纯鹏 王学路 等 译

科学出版社

北 京

图字:01-2008-2612 号

内 容 简 介

本书英文版(第四版)由国际著名植物学家 Lincoln Taiz 和 Eduardo Zeiger 等著, Sinauer Associates 公司出版, 是当今国际上植物生物学领域的重要教科书。全书围绕植物对水分和矿质营养的吸收和转运, 光合作用、呼吸作用等植物体内的生化和代谢过程, 以及植物生长发育及其调控 3 个单元精心组织内容, 共计 26 章。

本书内容体系结构合理, 图文并茂, 反映了植物生理学领域各个方向上的研究内容和最新进展, 适用于植物科学领域的教学和研究参考。

Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger

Plant Physiology (Fourth Edition)

This translation of Plant Physiology is published by arrangement with Sinauer Associates, Inc., Publishers.

图书在版编目(CIP)数据

植物生理学:第 4 版/(美)泰兹(Taiz, L.), (美)奇格尔(Zeiger, E.)主编;
宋纯鹏 王学路等译. —北京:科学出版社, 2009
ISBN 978-7-03-025169-5

I. 植… II. ①泰…②奇…③宋… III. 植物生理学-教材 IV. Q945

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 135019 号

责任编辑:周 辉 席 慧 / 责任校对:包志虹
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>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 8 月第 一 版 开本:889×1194 1/16

2009 年 8 月第一次印刷 印张:41 1/2

印数:1—2 800 字数:1 292 000

定价:128.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

译校者名单

主译 宋纯鹏(河南大学)

王学路(复旦大学)

主校 宋纯鹏 王学路 周 云 王学臣 董发才

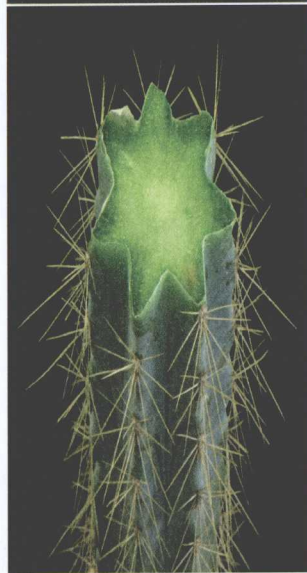
参译和参校人员(以姓氏笔画为序)

河南大学

王 伟	王文乐	王道杰	白 玲	刘 浩
刘二涛	江 静	孙炎锋	李 杰	李 坤
李文娆	张 骁	张 艳	张幸福	苗 琛
苗雨晨	周 云	赵 翔	赵好莉	赵孝亮
郝福顺	郭敬功	闻 玉	姚育乐	程银伟
程艳丽	董发才	樊莉娜		

复旦大学

王海娇	张姗姗	林 娟	葛晓春	谢丽琼
魏 颖				



中文版 序

我们非常高兴,为《植物生理学》(*Plant Physiology*)第十种语言版本——中文版写这篇特殊的序言。中文版的出版是本书出版史上一个真正的划时代事件。中国有世界上 20% 的人口,而且水稻生产全球第一。水稻既是一种重要的经济作物,又和常用的经典模式植物如拟南芥、烟草和大豆一样,长期以来作为植物科学研究中的模式系统。除其他专题外,《植物生理学》包括了水稻的代谢、生理反应和生长发育的讨论,内容涵盖了水稻基因组和在谷物产量形成中光周期及激素的作用。

植物生理学作为一个研究领域涵盖了广泛的分支学科,包括从生态学、进化学和解剖学层面,到分子生物学、生物化学和生物物理学另一个层面。植物生理学家借助于所有这些分支学科所提供的信息,试图解决植物生物学的基本科学问题,以及提高作物的产量。不可避免的现实是世界上的人口数目在持续不断地增长,而地球供养急剧膨胀人口的能力却在不断缩减。同时,燃料的使用污染了我们生存环境,加剧了全球变暖。作为地球上最原初也是最有效的太阳能捕获者,植物是增加世界食物供应和发展替代能源的关键。从来没有像今天这样,世界迫切需求合适的科学工具武装起新一代植物生理学家,来解决这些生死攸关的问题。《植物生理学》这本书一个最重要的目标是为学生提供这样的科学工具,他们需要解决摆在世人面前难以应付的农业和环境挑战。

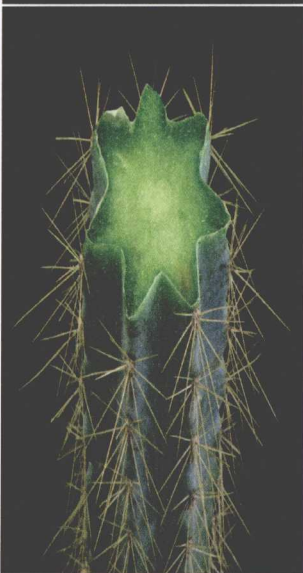
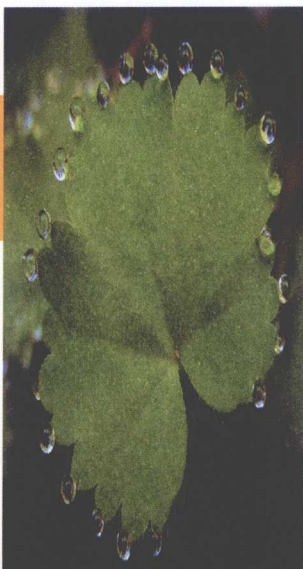
《植物生理学》这本书不仅是个人的劳动,更是集众人所长,代表了集体的智慧和许多致力于本书的人们的艰苦劳动。现在,在这个长长的名单中,河南大学的宋纯鹏教授、复旦大学的王学路教授以及他们同事的名字也将添加进来,通过他们的谋划,带头完成了目前的中文译本。翻译科学教科书,尤其是像这样长篇巨制和富有深度的教科书,是一项极其令人畏惧的艰苦工作,而且需要熟知这两种语言专业领域的专业术语。我们祝贺宋教授、王教授以及他们的合作者,成功完成了这一宏大的工程。我们希望全中国大学和学院的成千上万的学生从中受益,并分享他们的劳动成果。

Lincoln Taiz

Eduardo Zeiger

2009 年 6 月 23 日

(宋纯鹏 译)



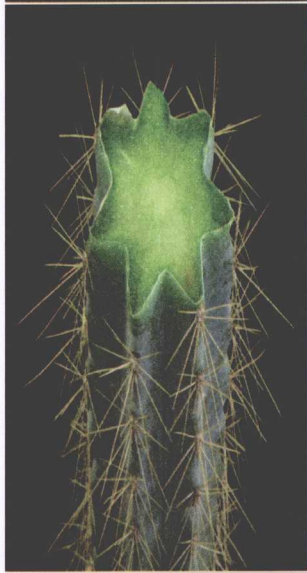
CHINESE EDITION PREFACE

We are pleased to provide a special preface for the new Chinese edition of *Plant Physiology*—the tenth language into which the text has been translated. The event is a true landmark in the book's publication history. China represents 20% of the world's population, and ranks first among rice-producing countries. Besides its economic importance, rice has long served as an important experimental system in plant biology, alongside such workhorses as *Arabidopsis*, tobacco, and soybeans, to name a few. Among other topics, *Plant Physiology* includes discussions of rice metabolism, physiology, growth, and development, including the rice genome and the roles of photoperiod and hormones in grain production.

As a field, plant physiology encompasses a wide range of subdisciplines, from evolution, ecology, and anatomy at one end, to molecular biology, biochemistry, and biophysics at the other. Plant physiologists draw on information from all of these subdisciplines in attempting to solve the basic problems of plant biology, as well as to increase crop yields. It is an unavoidable fact of life that as the world's population continues to grow, the earth's capacity to feed this expanding population continues to shrink. At the same time, the use of fossil fuel poisons our environment and accelerates global warming. As earth's original and still most efficient solar collectors, plants hold the key to expanding the world's food supply and to developing alternative energy sources. Never has the world's need been greater for a new generation of plant physiologists armed with the appropriate scientific tools to solve these vital problems. One of the important aims of *Plant Physiology* is to provide students with the scientific tools they will need to tackle the formidable agricultural and environmental challenges that lie ahead.

More than the work of particular individuals, *Plant Physiology* represents the collective wisdom and hard work of many dedicated people. To this long list may now be added the names of Professor Chunpeng Song of Henan University and Professor Xuelu Wang of Fudan University, including their colleagues, who conceived and spearheaded the current Chinese translation. Translating a scientific textbook, especially one of this length and depth, is an extremely daunting task, requiring close familiarity with the technical of specialized fields in both languages. We congratulate Professor Song, Professor Wang and their collaborators on the successful completion of this grand project, and we hope that the fruits of their labors will be valued and enjoyed by the thousands of students in colleges and universities throughout China.

Lincoln Taiz
Eduardo Zeiger
June 23, 2009



许智宏 序

近 20 年来,由于拟南芥分子生物学和遗传学的巨大进展,植物生物学的面貌发生了革命性的变化。由 Lincoln Taiz 和 Eduardo Zeiger 主编,国际上许多著名的植物生理学家参与完成的《植物生理学》(*Plant Physiology*) (第四版),不仅全面、准确地总结和反映了本领域的最新进展和成果,同时又保持了教科书的特点。作为一名植物生理学工作者,我一直希望我国的植物生理学研究人员能够把这部教科书介绍到国内,促进国内植物生理学教学和科研工作发展。

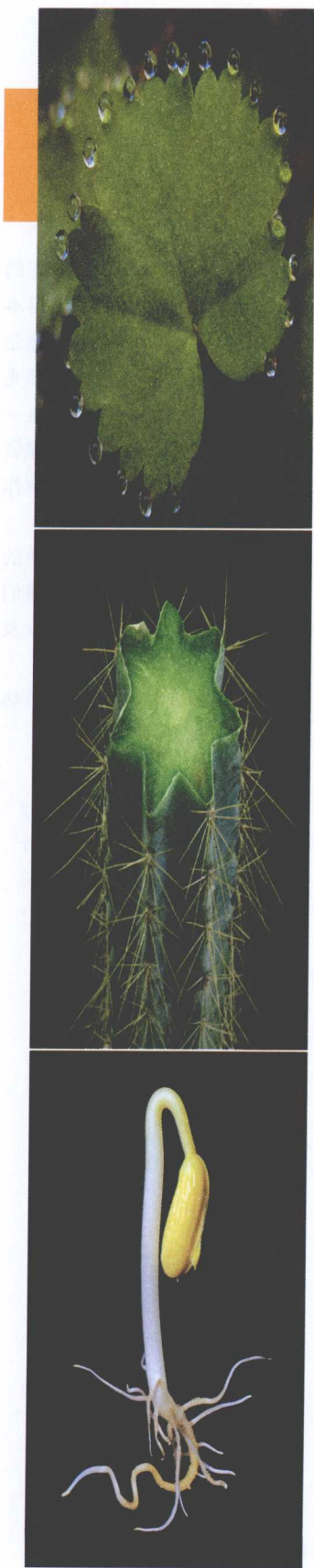
河南大学和复旦大学几位长期从事植物生理学科科研和教学的老师,在繁忙的教学和科研之余,经过艰苦的努力,完成了 *Plant Physiology* (第四版) 的翻译工作,在中文版即将付梓印刷之际,翻译组人员邀请我为之写序,我欣然接受。我觉得这部在国际上享有很高声誉的教科书(中文版),与科学出版社 2004 年出版的 B. B. Buchanan 等主编的《植物生物化学与分子生物学》(*Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, 北京大学瞿礼嘉等译)一书可以说是互为补充。相信这两本书会使从事植物科学的研究人员,特别是青年学者从中受益。该书将是在植物科学领域从事教学和科研工作的教师与学者的一本良好的参考书,同时也是一本很好的植物生理学教材。

目前,由于植物生命活动的特殊性,以及农业发展的实际需要,国内植物生物学发展迅速,已成为许多大学生选择职业的热门领域。相信这本教科书(中文版)的问世必将推动国内植物生物学的进一步发展。

中国科学院院士

许智宏

2009 年 6 月 23 日



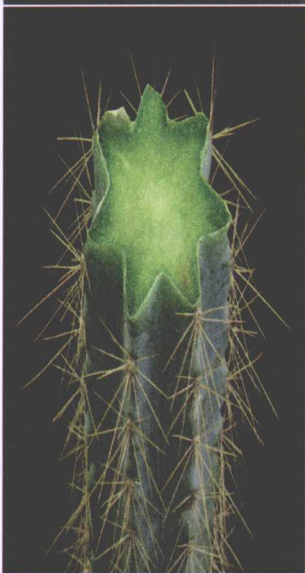
前言

在1991年出版的第一版《植物生理学》的前言中,我们特别强调了在之前的10年中“生物科学各领域经历了前所未有的发展。然而,没有一个学科像植物生理学领域那样更引人注目,开创了该学科令人兴奋的新纪元。”第四版继承了15年前开创的传统,标志着又一个里程碑。编写伊始,我们再次感到无比的震惊,因为自第三版出版以来,植物生理学的进展如此之迅猛,各领域的研究成果如雨后春笋,令人目不暇接。全面、准确地总结和反映所有的新进展将面临前所未有的挑战。要保持教科书简洁明了的特色,又要保证一定的教学水准,面对如此艰巨的任务,我们确实感到如履薄冰。我们从一开始就认识到,在植物生理学这样一个涉及面广、内容多样的学科领域里,要实现这两个既定目标,就必须依靠团队的智慧和努力。实践证明了这一思路的正确性。本书所取得的任何成功更多地归功于最初所确立的理念——组建优秀的多作者团队。

第四版的完成,我们再次受惠于绝对杰出的作者团队,他们中的每个人都是其所在领域的领袖。Bob Blankenship、Dan Cosgrove 和 Susan Dunford 自第一版开始就一直是本书的作者,Rick Amasino、Arnold Bloom、Ray Bressan、John Browse、Bob Buchanan、Paul Hasegawa、Joe Kieber 和 Ricardo Wolusiuk 是第二版作者团队的成员,Ruth Finkelstein、Michele Holbrook、Ian Moller、Angus Murphy 和 Allan Rasmusson 是第三版作者团队的成员。在编写第四版时,我们又邀请 Sarah Assmann、Tom Brutnell、Joanne Chory、James Ehleringer、Jiirgen Engelberth、Sigal Savaldi-Goldstein、Valerie Sponsel 和 Bruce Veit 加入了我们的团队。另外,前几版的一些作者虽然没有参与第四版的编写工作,但他们的科学思想和教育理念仍贯穿和融汇在本教科书之中。和前几版一样,我们两个人分工负责内容相关章节之间的衔接和整合,L. T. 负责第1、2章,第13~17章和第19~25章,E. Z. 负责第3~12章及第18和26章。

在第四版中最明显的改进可能就是油菜素甾醇一章。迄今,有关油菜素甾醇的生物合成、生理功能及其信号转导等方面积累了大量的研究结果,已经形成了一个较为完整的体系,因此我们就将其独立出来编成新的一章。其他的一些变更包括:为充分反映植物生长发育方面的快速进展,我们对第16章即生长和发育一章进行了重写;另外对很多章节的内容进行了更新,主要涉及光反应、光合作用、呼吸作用、离子转运和水文关系的生物化学基础研究的重要的近期成果;在多种激素的章节中,主要增加了有关激素转运机制、信号转导途径和调控网络的新内容。在第四版中所增加的诸多新的研究成果中,有关光周期成花刺激素的内容最为激动人心,这是一个长期以来备受关注的课题,最近的研究初步确定光周期成花刺激素是一个大分子。

本教科书的使用者还可以继续从我们专门制作的专题网站上免费获益,其网址为: www.plantphys.net。此网站已经成为植物生理学领域的航向标,内容广泛,并不断更新。这样,我们就可以在不过多增加教科书内容的同时,为读者提供丰富的信息。

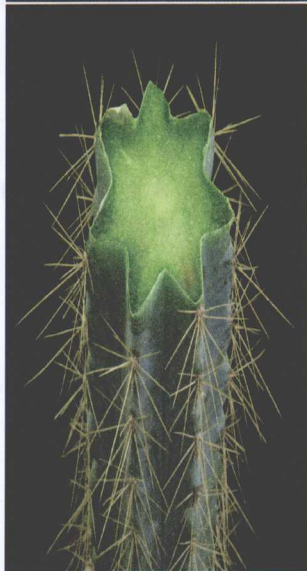


像前几版一样,我们衷心感谢由本书的出版商 Sinauer Associates 组建的杰出的专家团队。感谢本书的责任编辑 James Funston,在他的帮助下,使得本书更加适合教学,成为了一本高标准的教科书;感谢 Kathaleen Emerson,她是本书的出版编辑,她不厌其烦、耐心细致,尤其是她高超的编辑技能使得本书光彩夺目;感谢 Elizabeth Morales,她为本书制作了美观、亮丽的插图。我们也一并感谢版权编辑 Maggie Brown、摄影技师 David McIntyre、网站制作和管理者 Jason Dirks、营销专家 Susan McGlew 和 Marie Scavotto,以及为本书的出版作出贡献的 Chris Small、Joan Gemme 和 Sydney Carroll。

在此,将我们最特别的感谢献给我们的出版商 Andy Sinauer,正是在他的监督和指导下,使得本书成为非常优秀、达到了最高行业标准的教科书。我们也感谢本书的审稿人、那些联系我们并指正书中错误的目光敏锐的读者,以及为本书的编写和出版做出集体贡献的所有指导教师和学生。

最后,我们衷心感谢 Lee Taiz 和 Yael Zeiger-Pischmann,他们自始至终,热忱、积极地支持本书的编写和出版。

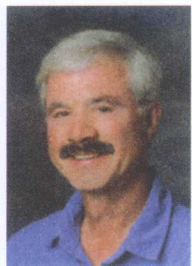
Lincoln Taiz
Eduardo Zeiger
April 2006
(宋纯鹏 译)



作者简介

主编

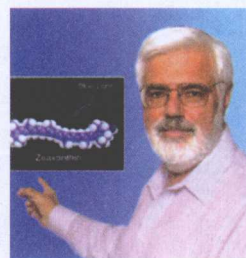
Lincoln Taiz



Lincoln Taiz: 加利福尼亚大学圣克鲁斯分校生物学教授, 1971 年在加利福尼亚大学伯克利分校获得植物学博士学位。

多年来, Taiz 博士从事液泡 H^+ -ATPase 的结构和功能研究。同时, 他还曾经开展了植物金属耐性和生长素运输中类黄酮和氨肽酶的功能研究。目前从事在向光性和气孔打开过程中 UV-B 受体及其作用的研究。

Eduardo Zeiger



Eduardo Zeiger: 加利福尼亚大学洛杉矶分校生物学教授。1970 年在加利福尼亚大学戴维斯分校获得植物遗传学博士学位。其研究领域包括气孔功能、蓝光反应的感受传导以及与增加作物产量相关的气孔适应机制研究。

主要撰稿人



Richard Amasino: 美国威斯康辛-麦迪逊大学生物化学系教授。1982 年在印第安纳大学 Carlos Miller

实验室获得生物学博士学位, 当时其兴趣为引起开花的诱导因素。他其中的一个研究兴趣仍然是植物调节开花起始时间进程的机制。(第 25 章)



Sarah M. Assmann: 宾夕法尼亚州立大学生物学系教授。在斯坦福大学获得生物科学博士学位。

Assmann 博士目前的研究集中于保卫细胞功能调节中的细胞信号传递级联反应, 以及异三聚体 G 蛋白在植

物生长、可塑性和对环境反应中的作用。(第 6 章)



Robert E. Blankenship: 华盛顿大学圣路易斯分校生物学与化学教授。1975

年在加利福尼亚大学伯克利分校获得化学博士学位。其专业领域包括光合自养生物的能量和电子传递机制以及光合作用的起源和早期进化。(第 7 章)



Arnold J. Bloom: 加利福尼亚大学戴维斯分校蔬菜作物学系教授。1979 年在斯坦福大学获得生



物科学博士学位。他的研究集中在植物-氮相互关系,尤其是植物对铵盐和硝酸盐作为氮源时的不同反应。



Ray A. Bressan: 普渡大学植物生理学教授。1976年在科罗拉多州立大学获得植物生理学博士学位。

Bressan 博士曾经对盐分和干旱胁迫进行了数年的研究。其最近的兴趣已经转向植物自身针对昆虫和真菌疾病的防御反应。(第 26 章)



John Browse: 华盛顿州立大学生物化学研究所教授。1977年在新西兰奥克兰大学获得博士学位。

Browse 研究领域包括脂类代谢的生物化学机制和植物对低温的反应。(第 11 章)



Thomas Brutnell: 康奈尔大学 Boyce Thompson 植物研究所副研究员。1995年在耶鲁大学获得生物学博士学位。

他的研究兴趣集中于玉米中 C4 光合作用和揭示光敏色素在玉米及其他有重要农艺性状禾本科植物中的作用分析。(第 17 章)



Bob B. Buchanan: 加利福尼亚伯克利分校植物和微生物教授。在研究了光合作用后, Buchanan 博士将

其注意力转向了种子萌发,其在该领域的发现对萌发有新的认识,并导致有前途的技术产生。(第 8 章)



Joanne Chory: Howard Hughes 医学院研究人员, 萨克生物研究所教授。她也是加利福尼亚大学

圣地亚哥分校兼职教授。她在伊利诺大学香槟分校获得微生物学博士。Chory 博士的研究集中在植物对光环境改变的反应机制方面。她的课题组所做的遗传学研究已经鉴定出了植物类固醇受体以及一些类固醇信号途径中的组分。(第 24 章)



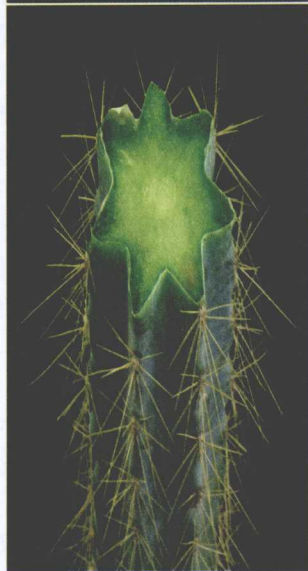
Daniel J. Cosgrove: 宾夕法尼亚州立大学生物学教授。斯坦福大学获得生物学博士学位。

Cosgrove 博士研究兴趣集中于植物生长,尤其是控制细胞伸长和细胞壁扩展的生化 and 分子机制方面。他的研究小组发现了被称为扩张蛋白的细胞壁松弛蛋白,目前正在对这个基因家族的结构、功能和进化进行研究。(第 15 章)



Susan Dunford: 辛辛那提大学生物科学副教授。1973年在代顿大学获得植物和细胞生理学博士学位。

Dunford 博士的研究兴趣包括植物的长距离运输系统,尤其是韧皮



部中的移动以及植物水分生理。(第10章)



James Ehleringer: 犹他大学生物学杰出教授,并兼任环境研究中稳定同位素比率实验机构的(SIRFER)

主任。他的研究集中在通过稳定同位素分析了解陆地生态系统,气体交换和生物圈——大气相互作用,水分生理以及与将稳定同位素应用于本国安全相关的问题。他是 *Oecologia* 的主编和生物圈-大气稳定同位素网络(BASIN)的主席。(第9章)



Jurgen Engelberth: 德克萨斯大学(San Antonio)植物生物化学助理教授。

1995年在德国波鸿-鲁尔大学获得植物生理学博士学位,其后在马克斯普朗克研究所、USDA、ARS、盖恩斯维尔的CMAVE和宾州州立大学做化学生态学博士后工作。其研究集中在与植物-昆虫和植物间相互作用相关信号途径。(第13章)



Ruth Finkelstein: 加州大学圣巴巴拉分校分子细胞及发育生物学系教授。

1986年在印第安纳大学获得分子细胞及发育生物学博士学位。她的研究兴趣包括脱落酸反应机制及其与其他激素、环境和营养信号途径的关系。(第23章)



Paul M. Hasegawa: 普渡大学植物生理学教授。在加州大学河滨分校获植物生理学博士学位。

其研究领域集中于植物形态发生和植物遗传转化。他利用自己在这些领域的技术研究了植物胁迫耐性尤其是离子动态平衡方面的许多方面。(第26章)



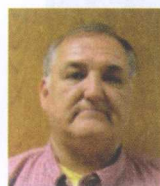
N. Michele Holbrook: 哈佛大学有机体与进化生物学系教授。1995年在斯坦福大学获得博士学位。

Holbrook博士研究小组的研究方向集中于水分生理和木质部水运输方面。(第3、4章)



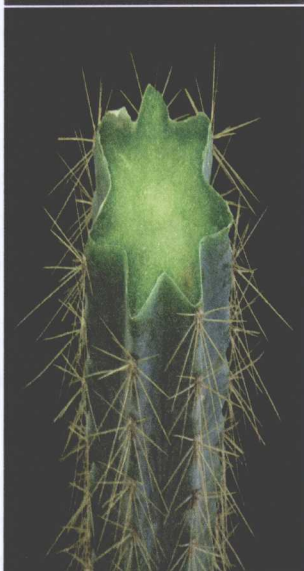
Joseph Kieber: 北卡罗来纳大学教堂山分校生物学系副教授。1990年在麻省理工学院获得生物学博士学位。

Kieber博士研究兴趣包括植物发育中激素作用、乙烯和细胞分裂素信号途径以及乙烯生物合成途径的调节。(第21、22章)



Robert D. Lucy: 奥本大学生物科学教授。1974年在普渡大学获得植物生物化学博士学位。

其研究兴趣包括植物非生物胁迫抗性的生化和分子机制以及植物学本科教学。(第26章)



Ian Max Møller: 丹麦国家水稻实验室植物生物化学教授。英国伦敦帝国理工学院获得植物生物

化学博士学位。曾在瑞典隆德大学工作数年。Møller 教授一直在做植物呼吸作用的研究,最近的兴趣包括呼吸的 NAD(P)H 脱氢酶、活性氧形成以及植物线粒体功能蛋白质组。(第 11 章)



Angus Murphy: 普渡大学园艺和园林建筑系副教授。1996 年在加州大学圣克鲁兹分校获得生物

学博士学位。Murphy 博士研究生长素运输调节和植物细胞中运输蛋白不对称分布的机制。(第 19 章)



Allan G. Rasmusson: 瑞典隆德大学副教授。1994 年在隆德大学获得植物生理学博士学位。Ras-

musson 博士目前的研究集中在呼吸链酶的表达调节,尤其是 NAD(P)H 脱氢酶及其生理学意义。(第 11 章)



Sigal Savaldi-Goldstein: Salk 研究所 Joanne Chory 实验室助理研究人员。她在特拉维夫大学生命科学

系获得理学学士学位,在以色列

列魏兹曼科学研究所植物科学部获得博士学位。Savaldi-Goldstein 博士后研究方向在植物激素领域。其主要兴趣是理解油菜素内酯整合植物生长的机制。(第 24 章)



Valerie Sponsel: 德克萨斯大学圣安东尼奥分校生物学系副教授。1972 年在英国威尔士大学获得

博士学位,1984 年在英国布里斯托大学获得科学博士学位。她的研究领域集中于赤霉素的生物合成和代谢,近来则集中于生长素和赤霉素生物合成和信号途径的相互作用。(第 20 章)



Bruce Veit: 新西兰北帕默斯顿 AgResearch 高级研究员。1986 年在西雅图华盛顿大学获得遗传

学博士学位,其后在加利福尼亚奥尔巴尼植物基因表达中心做博士后研究。Veit 博士近来的研究兴趣集中在影响细胞命运的机制。(第 16 章)



Ricardo A. Wolosiuk: 布宜诺斯艾利斯大学生物化学研究所教授。1974 年在同一所大学获得生物

化学博士学位。Wolosiuk 博士的研究兴趣集中于叶绿体代谢调节以及植物蛋白结构和功能。(第 8 章)

审稿人

Heidi Appel

The Pennsylvania State University

Ivan Baxter

Purdue University

Philip Becraft

Iowa State University

Gerald Berkowitz

University of Connecticut, Storrs

Wade Berry

University of California, Los Angeles

Nick Carpita

Purdue University

Kent Chapman

University of North Texas

Steven Clouse

North Carolina State University

George Coupland

Max Planck Institute for Plant Breeding

Nigel Crawford

University of California, San Diego

Wolf B. Frommer

Stanford University

Larry Griffing

Texas A&M University

Peter Hedden

Rothamsted Research

Steve Huber

University of Illinois

Ross Koning

Eastern Connecticut State University

Steve Long

University of Illinois

Richard Malkin

University of California, Berkeley

Patrick Masson

University of Wisconsin, Madison

David Mok

Oregon State University

Keith Mott

Utah State University

Ana Rus

Purdue University

David Salt

Purdue University

Eric Schaller

Dartmouth College

Julian I. Schroeder

University of California, San Diego

Harry Smith

University of Nottingham

John Sperry

University of Utah

Tai-Ping Sun

Duke University

Robert Turgeon

Cornell University



《植物生理学》(第四版)补充材料说明

本书配有相应的学习网站,网站地址为 www.plantphys.net,网站上的所有内容均可免费获得,内容包括:

(一) 本书网络章节(第2章、第14章)的全部内容。

(二) 书中每一章所涉及的研究专题和当前研究进展等。主要分为:

- Web Topics: 所有章节中补充的研究专题
- Web Essays: 本领域研究人员写的前沿研究进展
- Study Questions: 每章学习时针对学习者所提出的问题
- Suggested Readings: 针对每章内容专门推荐的进一步学习和研究的资料

目 录

中文版 序

CHINESE EDITION PREFACE

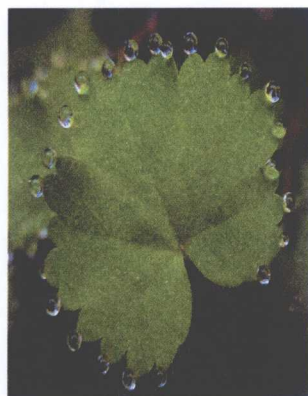
许智宏 序

前言

作者简介

《植物生理学》(第四版)补充材料说明

第 1 章 植物细胞	1
1.1 植物生命:一些统一的原理	1
1.2 植物结构总览	1
1.3 植物细胞	3
1.4 细胞骨架	19
1.5 细胞周期调控	23
1.6 胞间连丝	24
小结	26
Web Material	26
第 2 章 能量和酶	27
2.1 生命系统的能量流动	27
2.2 能量和功	27
2.3 自发过程的方向	27
2.4 自由能和化学势	28
2.5 氧化还原反应	28
2.6 电化学势	28
2.7 酶:生命的催化剂	28
小结	28



单元 I

水和矿质营养

第 3 章 水和植物细胞	31
3.1 植物生活中的水	31
3.2 水的结构和特征	32
3.3 水分的运输过程	34
小结	42
Web Material	42
第 4 章 植物的水分平衡	44

4.1 土壤中的水分	44
4.2 根对水分的吸收	46
4.3 木质部中的水分运输	48
4.4 水分从叶片散失到大气中	53
综述:土壤-植物-大气系统	58
小结	58
Web Material	59
第 5 章 矿质营养	60
5.1 必需元素、必需元素缺乏和植物失调症	60
5.2 营养缺乏的治疗	68
5.3 土壤、根和微生物	69
小结	74
Web Material	75
第 6 章 溶质的运输	76
6.1 被动运输和主动运输	76
6.2 离子的跨膜运输	78
6.3 膜的转运过程	81
6.4 膜运输蛋白	86
6.5 根中的离子运输	93
小结	96
Web Material	96



单元 II

生化和代谢

第 7 章 光合作用:光反应	99
7.1 高等植物中的光合作用	99
7.2 基本概念	99
7.3 了解光合作用的关键实验	102
7.4 光合细胞器的构成	106
7.5 吸光天线系统的构造	108
7.6 电子传递的机制	111
7.7 叶绿体中的质子运输和 ATP 合成	119
7.8 光合系统的修复和调节	122



单元四

生长和发育