

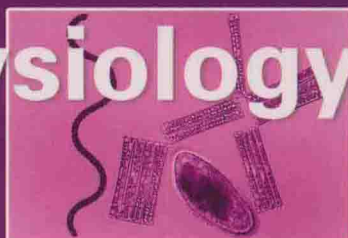


全国高等农林院校生物科学类
专业“十二五”规划系列教材

植物生理学

蔡庆生 主编

Plant Physiology



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

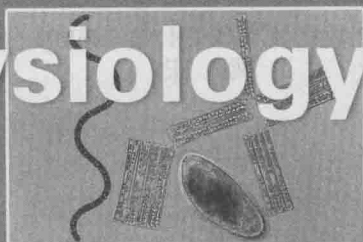
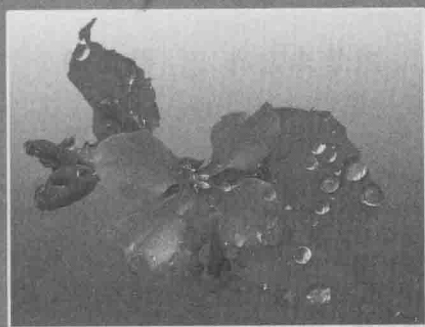


全国高等农林院校生物科学类
专业“十二五”规划系列教材

植物生理学

蔡庆生 主编

Plant Physiology



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS



植物生理学是研究植物生命活动规律及其生长发育过程中受环境和内源调控机制的科学,是生物学、农学中所有以植物为研究对象的各专业的一个重要基础课程。

本教材系“全国高等农林院校生物科学类专业‘十二五’规划系列教材”之一,教材内容包括植物水分生理,植物的矿质和氮素营养,光合作用,植物的呼吸作用,植物体内同化物的运输与分配,植物激素生理与信号转导,植物生长、生殖、休眠、成熟和衰老生理,植物逆境生理。为体现“全国高等农林院校生物科学类专业‘十二五’规划系列教材”要求的农林特色,本教材在各章节中扩充了理论联系生产与研究实践和与本学科相关的前沿研究的内容。

本教材可用作植物生产类各专业的植物生理学教科书,也可作为植物学科各领域的教学、科研人员和考研学生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

植物生理学/蔡庆生主编.—北京:中国农业大学出版社,2014.8

ISBN 978-7-5655-1008-3

I. ①植… II. ①蔡… III. ①植物生理学 IV. ①Q945

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 144005 号

书 名 植物生理学

作 者 蔡庆生 主编

策划编辑 孙 勇 潘晓丽

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62818525,8625

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2014 年 10 月第 1 版 2014 年 10 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 23 印张 574 千字

印 数 1~3 000

定 价 43.00 元

责任编辑 王艳欣

责任校对 陈莹 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

出版说明



出版说明

生物科学是近几十年来发展最为迅速的学科之一,它给人类的生产和生活带来巨大变化,尤其在农业和医学领域更是带来了革命性的变革。生物科学与各个学科之间、生物科学各个分支学科之间的广泛渗透,相互交叉,相互作用,极大地推动了生物科学技术进步。生物科学理论和方法的丰富和发展,在持续推动传统农业和医学创新的同时,其应用领域不断扩大,广泛应用的领域已包括食品、化工、环保、能源和冶金工业等各个方面。仿生学的应用还对电子技术和信息技术产生巨大影响。生物防治、生物固氮等生物技术的应用,极大地改变了农业过分依赖石化工业的局面,继而为自然生态平衡的恢复做出无可替代的贡献。以大量消耗资源为依赖的传统农业被以生物科学和技术为基础的生态农业所替代和转变。新的、大规模的现代农业将由于生物科学的快速发展而迅速崛起。

生物科学在农业领域中越来越广泛的应用,以及不可替代作用的发挥,既促进了生物科学教育的发展,也为生物科学教育提出了新的更高的要求。农业领域高素质、应用型人才对生物科学知识的需求具有自身独特的使命和特征。作为培养高素质、应用型人才重要途径和方式的农业高等教育亟需探索出符合实际需求和发展的教育教学模式和内容。为此,中国农业大学生物学院和中国农业大学出版社与全国 30 余所高等农林院校合作,在充分汲取各校生物科学类专业教改实践经验和教改成果的基础上,经过进一步集成、融合、优化、提升,凝聚形成了比较符合农林院校教学实际、适应性更好、针对性更强、教学效果更佳的教学理念和教材编写思路,进而精心打造了“全国高等农林院校生物科学类专业‘十二五’规划系列教材”。系列教材覆盖了近 30 门生物科学类专业骨干课程。

本系列教材站在生物科学类专业教育教学整体目标的高度,以学科知识内容关联性为依据,审核确定教材品种和教材内容,通过相关课程教材小规模组合、专家交叉多重审定、编审指导委员会统一把关等措施,统筹解决相关教材内容衔接问题;以统一的编写指导思想因课制宜确定各门课程教材的编写体例和形式。因此,本系列教材主导思想整体归一、各种教材各具特色。

农业是生物科学最早也是应用范围最广的领域,其厚重的实践积累和丰硕成

果使得农业高等教育生物科学类专业教学独具特色和更高要求。本系列教材较好地体现了农业领域生物科学应用的重要成果和前沿研究成就,并考虑到农林院校生源特点、教学条件等,因而具有很强的适用性、针对性和前瞻性。

系列教材编审指导委员会在教材品种的确定、内容的筛选、编写指导思想以及质量把关等环节中发挥了巨大作用。其组成专家具有广泛的院校代表性、学科互补性和学术权威性,以及丰富的教学科研经验。专家们认真细致的工作为系列教材打造成为农林院校生物科学类专业精品教材奠定了扎实的基础,在此谨致深深谢意。

作为重点规划教材,为准确把握教学需求,突出特色和确保质量,教材的策划运行被赋予更为充分的时间,从选题调研、品种筛选、编写大纲的拟制与审定、组织教师编写书稿,直至第一种教材出版至少3年时间,按照拟定计划主要品种的面世需近4年。系列教材的运行经过了几个阶段。第一个阶段,对农林院校生物科学教学现状进行深入的调查研究。2010—2011年,出版社用了近1年的时间,先后多批次走访了近30所院校,与数百位生物科学教学一线的专家和教师进行座谈,深入了解我国高等农林院校生物科学教学的进展状况及存在的问题。第二个阶段,召开教学和教材建设研讨会。2011年12月份,中国农业大学生物学院和中国农业大学出版社组织召开了有30余所院校、100余位教师参加的生物教学研讨会,与会代表就农林院校生物科学类专业教学和教材建设问题进行了广泛和深入的研讨,会上还组织参观了中国农业大学生物学院教学中心、国家级生命科学实验教学示范中心以及两个国家重点实验室,给与会代表留下了深刻的印象和较大的启发。第三个阶段,教材立项编写。在广泛达成共识的基础上,有30多所高等农林院校、近500人次教师参加了系列教材的编写工作。从2013年4月起,系列教材将陆续出版,希望这套凝聚了广大教师智慧、具有较强的创新性、反映各校教改探索实践经验与成果的系列教材能够对农林院校生物科学类专业教育质量的提高发挥良好的作用。

良好的愿望和教学效果需要实践的检验和印证。我们热切地期待着您的意见反馈。

中国农业大学生物学院

中国农业大学出版社

2013年3月16日



前 言

植物生理学是研究植物生命活动规律及其生长发育过程中受环境和内源调控机制的科学,是生物学、农学中所有以植物为研究对象的各专业的一个重要基础课程。由于植物生理学科的迅猛发展,国际、国内植物生理学教材建设皆一直受到高度重视。无论是国外英文版的 *Plant Physiology*、还是国内中文版的《植物生理学》,都在不断出新,持续产生诸多版本。仅以南京农业大学植物生理学教学为例,从 20 世纪 70 年代末国家实施改革开放、恢复正常的高等教育制度和秩序以来,先后使用了多个主编和出版渠道的植物生理学教材,如原北京农学院主编的全国高等农业院校试用教材(1979),江苏农学院主编(1984)、潘瑞炽主编(第 3 版,1995;第 4 版,2003)、曹仪植和宋占午主编(1998)及王忠主编(2000)的《植物生理学》,还有李合生主编的《现代植物生理学》(第 1 版,2002;第 2 版,2006)和蔡庆生主编的普通高等学校精品课程建设教材《植物生理学》(2011)。近年来,在合理选用部分国内教材为主要教材和辅助教材的同时,还先后以 *Introduction to Plant Physiology* (Hopkins, 第 2 版,1999;第 4 版,2008), *Plant Physiology* (Taiz 和 Zeiger, 第 3 版,2002;第 4 版,2006;第 5 版,2010) 等英文原版教材为教师备课用参考教材。在集各种教材之所长、结合植物生理学学科发展动态和学生在学习状态反馈的基础上,自行研制和不断完善了本科生植物生理学课堂教学教案和多媒体教学课件。从多年来的教学实践出发,本次编写作为“全国高等农林院校生物科学类专业‘十二五’规划系列教材”之一的《植物生理学》的主导思想是:编写一部体现农林特色、植物生产类特色、农林院校特点,反映当代植物生理学课程建设与植物生理学科发展最新成果、适合高等农林院校植物生产类及其相关专业本科生使用的教材。

本教材在蔡庆生主编的普通高等学校精品课程建设教材《植物生理学》基础上修订而成。在本次编写中,除经典图表外,增加和引用了最新图表;增强了附录的检索功能。删去了原精品课程建设教材第 1 章植物细胞生理,将植物细胞信号转导内容融入第 6 章植物激素生理与信号转导中,将植物细胞的亚显微结构与功能内容分别写进相应章节中。在每章前列出预习思考题,在每章中增加了相应理论在相关学科研究中和在生产实践中的应用内容。具体改进如下:

1. 在第 1 章植物水分生理中,增加了最新的有关水孔蛋白结构与功能的研究内容;在“合理灌溉的生理基础”中,增加了水分利用率的基本概念与节水农业的前沿性研究内容。
2. 在第 2 章植物的矿质和氮素营养中,增加了氮、磷、钾的供需矛盾、肥料利用率与富营养化概念等内容,指出了农业生产中用肥不当所引起的环境问题。
3. 在第 3 章光合作用中,增加了叶绿体结构与功能、类胡萝卜素的合成等内容,弱化了原初反应、光合单位等内容,增加了未来大气 CO_2 浓度增加条件下植物光合特性的内容。

4. 在第4章植物的呼吸作用中,增加了线粒体结构与功能的内容,简化了与生物化学重复的各具体的呼吸代谢途径,增加了植物呼吸代谢功能上的多面性内容。

5. 在第5章植物体内同化物的运输与分配中,增加了利用激光共聚焦扫描显微镜研究韧皮部运输的内容;以压力流动学说为重点,剖析了学说的提出、验证、完善的过程。

6. 在第6章植物激素生理与信号转导中,增加了各种植物激素的生物合成途径、受体、基因表达和信号转导等最新报道内容,尤其增加了与逆境响应密切相关的激素 ABA 的信号转导机制、ABA 介导的植物抗旱机理等内容。

7. 在第7章植物生长生理中,增加了种子萌发的调控、植物生长的调控内容,增强了光形态建成内容,削减了感性运动内容。将种子和芽的休眠移至第9章植物休眠、成熟和衰老生理中。

8. 在第8章植物生殖生理中,增加了春化作用与光周期诱导的分子机制,补充了成花素内容,进一步充实了花器发育的 ABC 模型及其基因调控内容。

9. 在第9章植物休眠、成熟和衰老生理中,增加了植物衰老调控的内容。

10. 在第10章植物逆境生理中,充实了重金属污染及植物修复方面的内容。

每章先由2名编委完成撰写和修改,后由其他编委审改。全书由蔡庆生统稿后,交由沈振国主审。张群、史永红、李军营等也参与了图表绘制、部分段落编写等工作,在此表示感谢。

本教材引用了国内外许多已出版教材和科技论文中的图表、数据和资料,为尊重版权和知识产权,引用之处一一加以标注,并列作参考文献,在此一并深致感谢!

受编者水平和编审时间限制,教材中定有不少缺点和错误,敬请各位前辈、同行和广大读者批评指正,提出宝贵意见,以便今后作进一步修订完善。

编者

2014年8月



目 录

| | |
|---------------------|----|
| 绪论 | 1 |
| 1 植物生理学的基本概念和基本内容 | 1 |
| 2 植物生理学的理论与试验基础 | 2 |
| 3 植物生理学发展与生物科学发展史 | 3 |
| 4 植物生理学展望 | 7 |
| 第1章 植物水分生理 | 9 |
| 1.1 水在植物生命活动中的重要性 | 9 |
| 1.1.1 水的理化性质 | 9 |
| 1.1.2 植物的含水量 | 10 |
| 1.1.3 植物体内水分存在的状态 | 10 |
| 1.1.4 水分在植物生命活动中的作用 | 11 |
| 1.2 植物细胞对水分的吸收 | 11 |
| 1.2.1 植物细胞的水势 | 12 |
| 1.2.2 植物细胞对水分的吸收 | 14 |
| 1.2.3 细胞间的水分移动 | 15 |
| 1.2.4 水分跨膜运输与水孔蛋白 | 15 |
| 1.3 植物根系对水分的吸收 | 17 |
| 1.3.1 根系吸水的部位 | 17 |
| 1.3.2 根系吸水的途径 | 17 |
| 1.3.3 根系吸水的机制 | 18 |
| 1.3.4 影响根系吸水的土壤条件 | 19 |
| 1.4 植物的蒸腾作用 | 21 |
| 1.4.1 蒸腾作用的生理意义和途径 | 21 |
| 1.4.2 气孔蒸腾与气孔运动 | 22 |
| 1.5 植物体内水分的运输 | 28 |
| 1.5.1 水分运输的途径 | 28 |
| 1.5.2 水分运输的速度 | 28 |
| 1.5.3 水分沿导管上升的机制 | 29 |

| | |
|------------------------|-----------|
| 1.6 合理灌溉的生理基础 | 29 |
| 1.6.1 作物的需水规律 | 29 |
| 1.6.2 合理灌溉的指标 | 30 |
| 1.6.3 合理灌溉的方法 | 31 |
| 复习题 | 33 |
| 第2章 植物的矿质和氮素营养 | 34 |
| 2.1 植物体内的必需元素 | 34 |
| 2.1.1 植物体内的元素 | 34 |
| 2.1.2 植物体内的必需元素及其研究方法 | 35 |
| 2.1.3 必需元素的生理功能和缺素症 | 39 |
| 2.1.4 植物的有益元素及金属超富集现象 | 43 |
| 2.1.5 重金属在植物体内的螯合 | 44 |
| 2.2 植物对矿质元素的吸收与运输 | 45 |
| 2.2.1 植物细胞吸收溶质的方式 | 45 |
| 2.2.2 植物根系对矿质元素的吸收 | 51 |
| 2.2.3 影响根系吸收矿质元素的环境因素 | 52 |
| 2.2.4 植物地上部对矿质元素的吸收 | 53 |
| 2.2.5 矿质元素在植物体内的运输和再利用 | 54 |
| 2.3 植物氮、磷、硫素的同化 | 54 |
| 2.3.1 植物氮素同化 | 54 |
| 2.3.2 植物硫素同化 | 56 |
| 2.3.3 植物磷素同化 | 57 |
| 2.4 合理施肥的生理基础 | 57 |
| 2.4.1 植物需肥特点 | 57 |
| 2.4.2 合理施肥的指标 | 58 |
| 复习题 | 60 |
| 第3章 光合作用 | 61 |
| 3.1 光合作用的研究历史 | 61 |
| 3.2 叶绿体与光合色素 | 62 |
| 3.2.1 叶绿体 | 62 |
| 3.2.2 光合色素 | 64 |
| 3.3 光反应 | 71 |
| 3.3.1 光能吸收、传递和转换的基本概念 | 71 |
| 3.3.2 光合电子传递和质子跨膜转运 | 72 |
| 3.3.3 光合磷酸化 | 76 |
| 3.3.4 光能的分配调节与光保护 | 78 |
| 3.4 光合碳同化和光呼吸 | 80 |
| 3.4.1 光合碳同化 | 80 |
| 3.4.2 光呼吸 | 89 |

| | |
|--------------------------|------------|
| 3.5 影响光合作用的因素 | 91 |
| 3.5.1 影响光合作用的内部因素 | 91 |
| 3.5.2 影响光合作用的外部因素 | 92 |
| 3.6 提高植物光能利用率的途径 | 96 |
| 3.6.1 光能利用率 | 96 |
| 3.6.2 提高植物光能利用率的途径 | 97 |
| 3.7 光合生理在相关学科研究中的应用 | 98 |
| 3.7.1 光合生理在植物育种中的应用 | 98 |
| 3.7.2 光合生理在设施栽培中的应用 | 99 |
| 3.7.3 光合生理在农业生态中的应用 | 99 |
| 复习题 | 100 |
| 第4章 植物的呼吸作用 | 101 |
| 4.1 呼吸作用的概念及生理意义 | 101 |
| 4.1.1 呼吸作用的概念 | 101 |
| 4.1.2 呼吸作用的生理意义 | 102 |
| 4.2 线粒体的结构与功能 | 102 |
| 4.3 植物呼吸代谢途径 | 103 |
| 4.3.1 植物呼吸代谢类型 | 103 |
| 4.3.2 植物呼吸代谢途径的特点 | 104 |
| 4.3.3 植物呼吸链电子传递与氧化磷酸化 | 107 |
| 4.4 植物呼吸代谢能量的贮存和利用 | 111 |
| 4.4.1 呼吸代谢能量的贮存 | 111 |
| 4.4.2 呼吸代谢能量的利用 | 111 |
| 4.5 植物呼吸作用的调节 | 112 |
| 4.5.1 糖酵解的调节 | 112 |
| 4.5.2 三羧酸循环的调节 | 113 |
| 4.5.3 戊糖磷酸途径的调节 | 113 |
| 4.5.4 腺苷酸能荷的调节 | 113 |
| 4.5.5 植物呼吸代谢与光合作用的关系 | 114 |
| 4.6 植物呼吸作用的指标、影响因素及应用 | 114 |
| 4.6.1 呼吸速率的指标 | 114 |
| 4.6.2 影响呼吸作用的因素 | 115 |
| 4.6.3 呼吸作用的实践应用 | 118 |
| 复习题 | 119 |
| 第5章 植物体内同化物的运输与分配 | 120 |
| 5.1 植物体内同化物的运输 | 120 |
| 5.1.1 同化物运输的研究方法 | 121 |
| 5.1.2 同化物运输的途径 | 124 |
| 5.1.3 同化物的运输方向 | 130 |

| | | | |
|-----|-------|------------------------|-----|
| 10 | 5.1.4 | 同化物的运输速率 | 130 |
| 10 | 5.1.5 | 同化物运输的物质形式 | 131 |
| 30 | 5.1.6 | 韧皮蛋白 | 131 |
| 0 | 5.2 | 植物体内同化物的装载和卸出 | 132 |
| 00 | 5.2.1 | 韧皮部装载 | 133 |
| 20 | 5.2.2 | 韧皮部卸出 | 135 |
| 0 | 5.3 | 植物体内同化物运输的机制 | 137 |
| 00 | 5.3.1 | 压力流动学说 | 137 |
| 00 | 5.3.2 | 细胞质泵动学说 | 140 |
| 00 | 5.3.3 | 收缩蛋白学说 | 140 |
| 0 | 5.4 | 植物体内同化物的配置和分配 | 141 |
| 101 | 5.4.1 | 同化物的配置 | 141 |
| 101 | 5.4.2 | 同化物的分配 | 141 |
| 101 | 5.4.3 | 源库关系及其对同化物分配的影响 | 143 |
| 0 | | 复习题 | 144 |
| | | 第6章 植物激素生理与信号转导 | 145 |
| 0 | 6.1 | 生长素类 | 146 |
| 001 | 6.1.1 | 生长素的发现和化学结构 | 146 |
| 100 | 6.1.2 | 生长素的生物合成、代谢和运输 | 148 |
| 001 | 6.1.3 | 生长素的生理作用 | 153 |
| 111 | 6.1.4 | 生长素的信号转导途径及促进伸长生长的作用机理 | 153 |
| 1 | 6.2 | 赤霉素类 | 157 |
| 112 | 6.2.1 | 赤霉素的发现和化学结构 | 157 |
| 011 | 6.2.2 | 赤霉素的生物合成、代谢和运输 | 159 |
| 011 | 6.2.3 | 赤霉素的生理作用 | 159 |
| 012 | 6.2.4 | 赤霉素的作用机理与信号转导 | 162 |
| 0 | 6.3 | 细胞分裂素类 | 166 |
| 011 | 6.3.1 | 细胞分裂素的发现和化学结构 | 166 |
| 011 | 6.3.2 | 细胞分裂素的生物合成、代谢和运输 | 167 |
| 111 | 6.3.3 | 细胞分裂素的生理作用 | 168 |
| 011 | 6.3.4 | 细胞分裂素的信号转导和作用机理 | 170 |
| 0 | 6.4 | 脱落酸 | 171 |
| 011 | 6.4.1 | 脱落酸的发现和化学结构 | 171 |
| 011 | 6.4.2 | 脱落酸的生物合成、代谢和运输 | 172 |
| 001 | 6.4.3 | 脱落酸的生理作用 | 173 |
| 001 | 6.4.4 | 脱落酸的作用机理 | 174 |
| 1 | 6.5 | 乙烯 | 177 |
| 101 | 6.5.1 | 乙烯的发现 | 177 |
| 001 | 6.5.2 | 乙烯的生物合成、代谢和运输 | 177 |

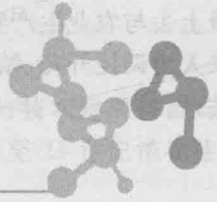
| | |
|---------------------------------|------------|
| 6.5.3 乙烯的生理作用 | 179 |
| 6.5.4 乙烯的作用机理 | 181 |
| 6.6 其他生长调节物质 | 183 |
| 6.6.1 油菜素甾醇类 | 183 |
| 6.6.2 茉莉酸类 | 184 |
| 6.6.3 水杨酸类 | 185 |
| 6.6.4 多胺类 | 186 |
| 6.6.5 独角金内酯类 | 186 |
| 6.7 植物激素的相互关系 | 187 |
| 6.7.1 植物激素合成代谢的相互关系 | 187 |
| 6.7.2 植物激素信号转导的相互作用 | 189 |
| 6.8 植物激素的测定方法 | 189 |
| 6.8.1 生物测试法 | 189 |
| 6.8.2 免疫学方法 | 190 |
| 6.8.3 物理化学方法 | 190 |
| 6.9 植物生长调节剂 | 190 |
| 6.9.1 植物生长调节剂的类型 | 191 |
| 6.9.2 植物生长调节剂的合理应用 | 193 |
| 复习题 | 194 |
| 第7章 植物生长生理 | 196 |
| 7.1 生长与分化 | 196 |
| 7.1.1 植物细胞生长的规律 | 196 |
| 7.1.2 植物细胞分化的基本规律 | 198 |
| 7.1.3 植物细胞全能性与组织培养 | 202 |
| 7.1.4 种子萌发 | 203 |
| 7.2 植物生长的周期性 | 208 |
| 7.2.1 植物生长曲线与生长大周期 | 208 |
| 7.2.2 植物生长分析的指标及其应用 | 209 |
| 7.2.3 植物生长的周期性 | 210 |
| 7.3 植物生长的相关性 | 212 |
| 7.3.1 地下部分与地上部分的相关性 | 212 |
| 7.3.2 主茎(顶芽)与侧枝(侧芽)的生长相关性 | 212 |
| 7.3.3 营养器官与生殖器官的生长相关性 | 214 |
| 7.4 影响植物生长的环境与生物因子 | 215 |
| 7.4.1 环境因子 | 215 |
| 7.4.2 生物因子 | 216 |
| 7.5 植物生长的调控 | 217 |
| 7.5.1 基因调控 | 217 |
| 7.5.2 植物激素的调控作用 | 218 |

| | | |
|------------|--------------------|------------|
| 7.5.3 | 环境对植物生长发育的调控作用 | 219 |
| 7.6 | 光形态建成 | 220 |
| 7.6.1 | 光敏色素的发现与分布 | 220 |
| 7.6.2 | 光敏色素的基本性质 | 221 |
| 7.6.3 | 光敏色素的反应类型 | 223 |
| 7.6.4 | 光敏色素的作用机制 | 224 |
| 7.6.5 | 光敏色素的生理作用及形态建成 | 226 |
| 7.6.6 | 其他光受体 | 227 |
| 7.7 | 植物的运动 | 228 |
| 7.7.1 | 向性运动 | 228 |
| 7.7.2 | 感性运动 | 235 |
| | 复习题 | 236 |
| 第8章 | 植物生殖生理 | 238 |
| 8.1 | 幼年期 | 239 |
| 8.1.1 | 幼年期的基本定义及其特征 | 239 |
| 8.1.2 | 提早成熟 | 240 |
| 8.2 | 春化作用 | 241 |
| 8.2.1 | 春化作用的概念及植物春化类型 | 241 |
| 8.2.2 | 植物感受春化低温的部位 | 242 |
| 8.2.3 | 植物感受春化低温的时期 | 242 |
| 8.2.4 | 春化效应的传递 | 242 |
| 8.2.5 | 春化作用过程的生理生化变化 | 243 |
| 8.2.6 | 春化作用的生理与分子机制 | 243 |
| 8.3 | 光周期现象 | 245 |
| 8.3.1 | 光周期现象及光周期反应的类型 | 245 |
| 8.3.2 | 光周期诱导及感受部位 | 247 |
| 8.3.3 | 光敏色素在光周期反应中的作用 | 249 |
| 8.3.4 | 光周期诱导的机制 | 250 |
| 8.3.5 | 植物激素及营养物质对植物成花的影响 | 252 |
| 8.4 | 光周期现象和春化作用理论的应用 | 254 |
| 8.4.1 | 植物引种 | 254 |
| 8.4.2 | 作物育种 | 255 |
| 8.4.3 | 花期调控 | 255 |
| 8.5 | 花器官的形成 | 255 |
| 8.5.1 | 花器官形成的形态和生理生化变化 | 255 |
| 8.5.2 | 花芽分化的调控 | 256 |
| 8.5.3 | 植物性别表现类型 | 257 |
| 8.5.4 | 花器发育的 ABC 模型及其基因调控 | 260 |
| 8.5.5 | 花器官形成的环境调控 | 260 |

| | |
|-------------------------------|------------|
| 8.6 植物受精生理 | 262 |
| 8.6.1 花粉和柱头的活力 | 262 |
| 8.6.2 花粉与柱头的相互识别 | 264 |
| 8.6.3 花粉管的伸长 | 265 |
| 8.6.4 受精过程中雌蕊的生理生化变化 | 266 |
| 8.6.5 无融合生殖 | 267 |
| 复习题 | 268 |
| 第9章 植物休眠、成熟和衰老生理 | 269 |
| 9.1 种子的休眠和萌发 | 269 |
| 9.1.1 种子休眠的原因 | 269 |
| 9.1.2 种子休眠与植物激素的关系 | 270 |
| 9.1.3 种子休眠的解除和延长 | 270 |
| 9.2 芽的休眠和萌发 | 271 |
| 9.2.1 芽的休眠和萌发过程 | 271 |
| 9.2.2 芽的休眠和萌发与环境条件的关系 | 272 |
| 9.2.3 芽的休眠和萌发与激素的关系 | 272 |
| 9.3 种子的发育与成熟生理 | 273 |
| 9.3.1 种子发育及基因表达 | 273 |
| 9.3.2 种子成熟过程中的生理生化变化 | 275 |
| 9.3.3 影响种子成熟和成分的外界因素 | 277 |
| 9.4 果实的生长和成熟生理 | 278 |
| 9.4.1 果实的生长与调节 | 278 |
| 9.4.2 果实成熟过程中的生理生化变化 | 279 |
| 9.4.3 果实成熟的机制 | 281 |
| 9.4.4 果实成熟的调控 | 283 |
| 9.4.5 果实采后贮藏保鲜 | 284 |
| 9.5 植物的衰老和脱落生理 | 285 |
| 9.5.1 植物衰老的表现形式与意义 | 285 |
| 9.5.2 植物衰老的生理生化变化 | 288 |
| 9.5.3 植物衰老的机制 | 288 |
| 9.5.4 环境条件对植物衰老的影响 | 293 |
| 9.5.5 植物衰老的调控 | 294 |
| 9.6 器官脱落生理 | 295 |
| 9.6.1 植物器官脱落及机制 | 295 |
| 9.6.2 环境条件对脱落的影响 | 297 |
| 9.6.3 植物器官脱落的调控及应用 | 297 |
| 复习题 | 298 |
| 第10章 植物逆境生理 | 299 |
| 10.1 植物逆境生理通论 | 299 |

| | | |
|--------|------------------------|-----|
| 10.1.1 | 逆境与胁迫的概念 | 299 |
| 10.1.2 | 逆境对植物生理代谢过程的影响 | 300 |
| 10.1.3 | 植物对逆境的适应及其机理 | 301 |
| 10.1.4 | 提高植物抗逆性的一般途径 | 305 |
| 10.1.5 | 植物抗逆性的研究方法 | 305 |
| 10.2 | 植物的干旱胁迫生理 | 306 |
| 10.2.1 | 干旱的类型 | 306 |
| 10.2.2 | 植物体内水分亏缺的度量 | 307 |
| 10.2.3 | 干旱伤害植物的机理 | 307 |
| 10.2.4 | 植物抗旱的机理 | 309 |
| 10.2.5 | 植物抗旱的分子机制及信号转导 | 309 |
| 10.2.6 | 提高植物抗旱性的途径 | 311 |
| 10.3 | 植物的湿涝胁迫生理 | 311 |
| 10.3.1 | 湿害和涝害 | 311 |
| 10.3.2 | 涝害对植物的影响 | 312 |
| 10.3.3 | 植物对涝害的适应机理 | 312 |
| 10.4 | 植物的低温胁迫生理 | 313 |
| 10.4.1 | 植物的冷胁迫生理 | 313 |
| 10.4.2 | 植物的冻胁迫生理 | 316 |
| 10.5 | 植物的热胁迫生理 | 320 |
| 10.5.1 | 热害对植物的影响 | 320 |
| 10.5.2 | 植物的耐热机理 | 322 |
| 10.5.3 | 防止和减轻植物热害的途径 | 323 |
| 10.6 | 植物的盐胁迫生理 | 323 |
| 10.6.1 | 盐胁迫对植物的伤害 | 324 |
| 10.6.2 | 植物抗盐的方式及其生理机制 | 325 |
| 10.6.3 | 植物抗盐的分子机制及信号转导 | 327 |
| 10.6.4 | 提高植物抗盐性的途径 | 329 |
| 10.7 | 植物与环境污染 | 330 |
| 10.7.1 | 环境污染的含义及种类 | 330 |
| 10.7.2 | 不同环境污染对植物的危害 | 330 |
| 10.7.3 | 植物在环保中的作用 | 336 |
| 10.8 | 植物逆境生理在相关科学研究中的应用 | 337 |
| | 复习题 | 338 |
| | 参考文献 | 339 |
| | 附录 | 344 |
| | 附录1 植物生理学主要相关网站 | 344 |
| | 附录2 中英文名词对照与检索(按照音序排列) | 345 |

绪 论



1 植物生理学的基本概念和基本内容

尽管植物种类繁多多样,但植物生命活动的基本原理,尤其是控制它们代谢和生长发育的基本原理是相似的。可以讲,植物生理学(Plant Physiology)是一门以植物,尤其是以高等植物为研究对象,研究这些植物生命活动过程中支配和调控其代谢和生长发育的基本原理的学科,是综合利用现代分子生物学研究技术与传统生理生化手段以及植物学、分类学、解剖学、细胞学、生态学等多个学科的知识,并基于物理和化学原理,来认识植物生命活动现象和规律及二者之间关系,认识外界环境如何对植物生命过程施加影响的科学。它作为植物生产类和生物类的一门专业基础课,为植物高产、优质提供理论依据,为植物基因功能及表达调节和转基因等研究提供明确的生理目标和调控措施。

在 100 多年前就已有植物生理学教材问世。随着科学的发展,植物生理学学科内容的持续充实、更新和深入,持续不断地有新的植物生理学教材出版。以国际上被广泛使用的植物生理学英文原版教科书为例,有 Hopkins 主编的 *Introduction to Plant Physiology*, Taiz 和 Zeiger 主编的 *Plant Physiology*。尽管经过多次再版,但其框架基本变化不大。前者分植物与能量、植物与水分和矿质营养、植物生长发育、胁迫与次生代谢、植物生物技术(第 3 版新添)五大部分,后者详细划分为植物细胞、基因组织结构与基因表达、水与植物细胞、植物水分平衡、矿质营养、溶质转运、光合作用(光反应、碳反应、生理生态因子)、韧皮部运输(第 5 版独立成章)、呼吸与脂代谢、矿物质同化、次生代谢与植物防御、信号转导、细胞壁、生长与发育、光敏色素与植物发育的光调控、蓝光反应(气孔运动与形态建成)、植物激素[生长素、赤霉素、细胞分裂素、乙烯、脱落酸和油菜素甾醇类(其中油菜素甾醇类为第 5 版新添内容)]、开花调控、逆境生理等 26 章内容。

总的来看,植物生理学涉及细胞生理、代谢生理、生长发育生理和逆境生理等几大方面。其中,以研究植物细胞结构特点与功能为主的植物细胞生理是了解植物生命活动规律的必要基础。植物代谢生理广泛地包括水分代谢、矿质营养、光合作用、呼吸作用等物质代谢和能量代谢的内容,它们是植物生长发育的基础。生长发育生理则以植物生命活动周期为主线,贯穿激素作用、信号转导、环境调控等内容,由内里到外在地反映植物生长、分化和发育全过程中生命活动规律和调控作用。同样是研究植物生命活动规律的逆境生理则侧重于研究植物适应或抵御胁迫环境(逆境)的生理特点和反应规律,随着地球环境的变化、植物和作物生长环境的演变,逆境生理研究越来越受到重视。

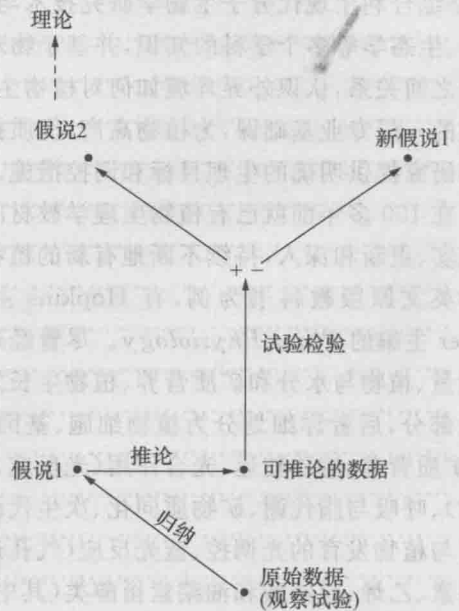
很显然,植物生理学所涉及的研究内容都与农业生产实际有着密切关系,其中,关于植物矿质营养和水分的吸收和运输、光合和呼吸作用的研究与农业生产实际关系最为直接,即使是看上去与农业生产实际无直接关联的植物生长、信号转导等研究,也可通过植物生长调节物质来人为调控开花、结果、果实成熟和衰老等过程,从而加深了植物生理学与农业生产实际间的关系。

2 植物生理学的理论与试验基础

植物生理学是一门量化性较强的科学,其知识体系的获得与其他科学存在许多相似之处,但是,植物生理学所研究的对象远远比物理学、化学要复杂得多,其复杂性导致了植物生理学所面对的各种特有的困难。必须强调,植物生理学知识的获得起始于由精确的手段所测得的观测或试验数据,它们是提出植物生理学种种假说的基础,对于假说推导的结论进一步采用试验进行验证,对于经过试验验证过的结论进行推论,由假说和推论间的成功演绎将最终导出可信的理论(图绪 1)。

与其他自然科学一样,作为获得植物生理学知识和建立植物生理学理论的基础,正确地观测植物生命活动现象,采取成熟的手段获取可靠的试验数据,并完善地诠释,使观测或试验所得的结果可以随时重现,这些是植物生理学研究中所必需的。任何故意篡改或试验有总体过失情况下所得到的信息都不再属于科学的范畴,在科学研究工作中,严谨诚实是不可或缺的品质。

在科学试验中,提出与植物生理学相关的问题非常重要,只有可以被解答的问题才具有科学意义。但是,一些在某个阶段或时期“没意义”的问题,会随着科学技术的发展而变得有意义,先进可靠的技术手段对于数据的获得是必需的。另一方面,农业生产实践过程中会持续产生一系列新的有待解决的科学和实际问题。总体而言,植物生理学研究是从农业生产实践中孕育、从已确立好的技术手段开始、随着相关科学技术的进步而发展的。当研究手段变得不恰当时,需要及时从技术和理论层面进行修正;当生产实践出现新的问题时,需要借助各种方式不断深入发展植物生理学理论与试验手段,利用植物生理学研究成果促进农业生产技术改革。



图绪 1 从试验到理论假说的基本模式

(参照 Mohr, 1995)