



普通高等教育“十五”国家级规划教材
全国高等农林院校规划教材

PLANT PHYSIOLOGY

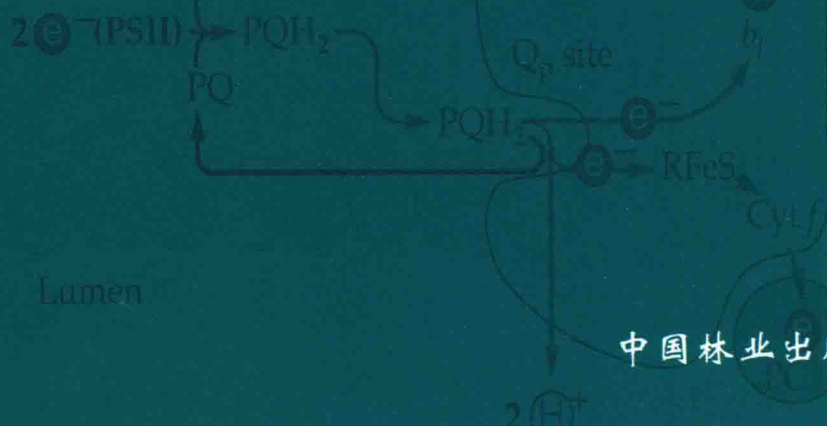
植物生理学

(第3版)

Stroma

2H^+

郑彩霞 主编



中国林业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

植物生理学

(第3版)

郑彩霞 主编

中国林业出版社

内容简介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,由我国高等林业院校及涉及林学专业高校的植物生理学专家编写而成,是一部具有木本植物生物学及树木生理学特色的植物生理学著作。本书在整合前沿性与时代性知识的基础上,围绕植物细胞生理、代谢生理、生长发育生理及环境生理等主题,反映了植物生理学各领域的主要内容与最新进展。除精心组织设计内容外,在各章还设有扩充知识和提高兴趣的“知识窗”,具有帮助学生掌握知识的小结,以及提高综合分析能力和知识应用能力的思考题。

本书内容编排合理,图文并茂。可以作为高等林业院校、农业院校及综合性大学各相关专业的教材及教学参考书。也可供从事植物栽培、育种学,森林培育学,园林、园艺学,植物及森林保护学,生态学,环境科学,水土保持学,生物科学与技术,生物工程及食品科学等领域从事科研、教学与生产实践人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

植物生理学 / 郑彩霞主编. -3 版. -北京:中国林业出版社,2013.7
普通高等教育“十一五”国家级规划教材 全国高等农林院校规划教材
ISBN 978-7-5038-7079-8

I. ①植… II. ①郑… III. ①植物生理学-高等学校-教材 IV. ①Q945

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 127542 号

中国林业出版社·教材出版中心

策划编辑:牛玉莲

责任编辑:肖基许

电话:83282720 83220109

传真:83220109

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话:(010) 83224477

http://lycb.forestry.gov.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京中科印刷有限公司

版 次 1981 年 7 月第 1 版

1991 年 12 月第 2 版

2013 年 8 月第 3 版

印 次 2013 年 8 月第 1 次印刷

开 本 850mm×1168mm 1/16

印 张 34.5

字 数 836 千字

定 价 58.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

《植物生理学》（第3版）编写人员

主 编 郑彩霞

副主编 孙广玉 谢寅峰 刘玉军

赵德刚 马焕成 杜克久

编 委 (按姓氏笔画排序)

马焕成 (西南林业大学)

刘玉军 (北京林业大学)

孙广玉 (东北林业大学)

杜克久 (河北农业大学)

李冰冰 (中国农业大学)

李继泉 (河北农业大学)

张秀丽 (东北林业大学)

陆 海 (北京林业大学)

郑艳玲 (西南林业大学)

郑彩霞 (北京林业大学)

赵 瑞 (北京林业大学)

赵德刚 (贵州大学)

施大伟 (南京林业大学)

敖 红 (东北林业大学)

贾文锁 (中国农业大学)

谢寅峰 (南京林业大学)

审 稿 人 尹伟伦 李凤兰 陈少良

夏新莉 郑炳松 陈善娜

第3版前言

《植物生理学》第2版自1990年出版以来,已经使用了20多年,作为全国高等林业院校的统编教材,在林业院校各相关专业的教学中起了一定作用。随着林业高等教育的发展、人才培养的需求以及植物生理学和树木生理学的发展,对原教材的修订已势在必行。受第2版主编王沙生和高荣孚两位先生的委托,我们承担了第3版的修订和编写工作。于2010年7月在北京召开了编委会议,讨论确定了本教材第3版的编写大纲,并且进行了编写任务分工。2年中各位编委认真努力工作,按期完成了书稿的编写任务。编委对完成的初稿进行了通讯互审,同时邀请了校内外有关专家对部分稿件进行了审阅。根据专家们提出的宝贵意见,各位编委对稿件进行了认真修改。于2012年8月在北京召开了审稿会议,对教材进行了集中的统稿、审稿工作,就各章提出了新的修改意见。会后各编委对稿件进行了第3次修改,于2012年10月完成定稿。

第3版教材共分16章。在保留第2版特色的基础上,对章节结构进行了适当的调整,更新与补充了原版各章内容,增加了新的章节,并尽可能采用木本植物的研究内容。第3版各章增设了知识窗、小结和思考题等,提高了教材的可读性和导读性。增加了插图,提高了教材的吸引力与可视性等。本次修订,将第1章改为植物细胞生理与信号转导,主要介绍植物细胞的结构与功能,增加了细胞信号转导的内容。第2章改为植物生物化学基础,包括植物细胞的生物大分子和酶。将第2版第1章中的植物细胞化学成分的内容并入本章,加强了对细胞壁组成成分的介绍。第3章仍为植物的呼吸作用,但是增加了新的内容,加强了植物呼吸途径的多样性及生物氧化和抗氰呼吸的介绍,增加了呼吸代谢调控的内容等。第4章仍是光合作用,参照国外教材及相关文献,调节了结构顺序,增加了新的信息和图,加强了光合作用对环境因子响应的内容。第5章仍为植物体内有机物代谢、运输与分配,加强了有机物运输机制的介绍,增加了有机物分配的内容。第6章仍为植物的水分代谢,增加了水的理化性质,水跨膜运输机制,水分子长距离运输机制,树木空穴化作用、水分参数测定技术及合理灌溉的生理基础等内容。第7章仍为植物的矿质营养,依据当前的发展,增加和更新了相关内容,特别是较为系统地介绍了矿质跨膜运输的机制,增加了植物氮、硫、磷的同化和铁の利用,合理施肥的生理基础等内容。第8章依然为植物生长物质,更新了生长素极性运输机制、赤霉素等激素生物合成及生理作用的相关内容。新增加了五大类植物激素作用的信号转导途径,其他内源生长调节物如油菜素内酯、多胺、茉莉酸、水杨酸等及与植物激素作用的相互关系等内容。第9章改为植物的生长生理,将第2版中的第9章与第10章合并,增加了植株再生,生长的相关性,光形态建成,

森林生产力的生理基础等内容。第10章为休眠与萌发,加强了种子生理的内容,如种子结构和类型、种子萌发的测定、种子萌发的策略、安全贮藏与休眠机制等。第11章为植物的成花与生殖生理,将第2版的第12章与第13章的生殖生理部分合并,对光周期、春化作用、木本植物成花问题等相关内容进行了更新与补充,新增了花发育的分子生物学机理。第12章为植物的成熟和衰老,增加了种子成熟生理,衰老与脱落调控的分子机制等内容。第13章为植物的逆境生理,调节了内容顺序,新增了植物逆境生理概论和植物对逆境的感知与响应机制的内容。第14章为环境污染与植物响应,增加了土壤污染的内容。从大气和土壤污染对植物的伤害及植物抗污染能力,对环境的修复作用等方面展开阐述。第15章为次生代谢与植物防御,将第2版第16章并入,从次生代谢产物的产生及调控作用出发,阐述了植物抗病与抗虫性。第16章为新增加的树木的分子调控机制与基因工程,重点介绍了基因工程的概念与发展,阐述了基因工程在木材改性、林木育种与树木抗逆性研究中的应用。

尹伟伦院士在百忙中指导了本教材编写大纲的制订与审定工作,对于本教材的建设与发展给予了热情的关心与指导。王沙生与高荣孚先生对本教材的建设给予了大力的支持与鼓励。北京林业大学植物生理学教研组全体同人及兄弟院校的同人对于教材的建设作出了基础性的工作,给予了不可或缺的关怀与支持。在此对他们表示衷心的感谢。

本教材的奠基人,即第1版的编写者有王沙生、高荣孚、张良诚、陆宪辉、吴贯明、董建华先生,参与审稿工作的有关裕宓、汪安琳、孟庆英、林良民、洪铁宝、项蔚华、胡义文、徐声杰、彭幼芬和裴保华先生。第2版的修订与编写工作由王沙生、高荣孚和吴贯明先生承担。时光荏苒,尽管这些前辈们已经走下了三尺讲台,有的已经离我们而去,但是他们留给我们的宝贵精神和知识雨露将永远伴随和滋润着我们及后人。在此,我们向各位前辈致以真诚的谢意!并深深怀念已故的前辈!

本教材绪论,第2章第1节,第3章,第8章第1、2、9节由郑彩霞编写;第1章由杜克久编写;第2章第2节,第8章第5、8节由赵瑞编写;第4章,第15章由刘玉军编写;第5章,第8章第6节由敖红编写;第6章,第8章第3节由孙广玉和张秀丽编写;第7章由李继泉编写;第8章第4、7节,第9章,第12章由谢寅峰和施大伟编写;第10章,第14章由马焕成和郑艳玲编写;第11章由赵德刚编写;第13章由李冰冰和贾文锁编写;第16章由陆海编写。在修改中参阅与借鉴了国内外多部教材和有关的专著及文献,在此向原著者表示感谢!向付出辛勤劳动的编委们及其家属致谢!在编写中得到中国林业出版社编辑及北京林业大学教务处张戎和孙楠的鼎力相助,在此一并致谢!

这次修订维持了植物生理学的科学体系,适当选用了较新的材料和概念,内容较第2版更丰富。教学中教师可根据不同专业的特点及教学要求进行取舍。本教材在编写中力求科学性、严谨性和时代性,但由于我们的水平有限,必然存在不少缺点和错误,敬请读者批评指正。

郑彩霞
2012年10月

第2版前言

这本教材的第一版自1979年出版以来，承有关院校使用，在林业各专业的教学中起了一定作用，但是也存在不少缺点和问题。1982年11月召开了林业院校《植物生理学》教材研讨会，有关各林学院及林学系从事生理学教学的教师参加。大家热情和中肯地提出了很多修改意见，同时讨论修订了编写大纲。并责成王沙生、高荣孚和吴贯明三人进行全面修改。1984年完成了第二版初稿，经有关专家审阅和提出意见，分别再修改后，由王沙生定稿。修改后的教材，把第一版中第二和第四两章合并为细胞生理作为一章。鉴于林业院校中没有将生物化学从植物生理中分出去，除在细胞生理中保留了部分生化内容外，将酶作为第二章，然后是呼吸作用、光合作用和有机物代谢。这样的编排把与生化密切有关的内容连起来以便讲解，接着再讲水分生理和矿物质营养。原来的激素、种子生理、生长、开花和生殖生理，调整为植物激素和生长调节物、细胞和组织分化、植物生长、休眠和萌发、成花生理、植物的生殖和衰老等章，改变了原来的安排。植物对不良环境的抗性仍保留。植物对大气污染的反应、植物的抗病性和抗虫性两章，可根据不同专业的教学需要作取舍。这次修订我们适当选用较新的材料和概念，例如在生长发育有关章节作了这样的努力，也是一种尝试。

本书第一章和第八至十三章由王沙生修改，引言和第二至五章由高荣孚修改，第六、七章和十四至十六章由吴贯明修改。

在修改中参阅了国内外多种教材和有关的专著及文献，但由于我们的水平有限，必然存在不少缺点和错误，敬请读者批评指正。在此向在第一版时付出过很多劳动，而没有参加这次修订的同志们，已经曾给我们提出批评和建议的同志们致谢。

编 者

1990年10月

目 录

第3版前言

第2版前言

0 引 言	(1)
0.1 植物生理学的内容	(1)
0.2 植物生理学的产生和发展	(2)
0.3 植物生理学与农林业实践的关系	(3)
1 植物细胞生理与信号转导	(4)
1.1 细胞概述	(4)
1.1.1 细胞概念	(4)
1.1.2 细胞类型	(5)
1.1.3 高等植物细胞	(5)
1.2 细胞壁的结构和功能	(6)
1.2.1 细胞壁结构	(6)
1.2.2 细胞壁的化学组成	(7)
1.2.3 细胞壁功能	(9)
1.3 胞间连丝	(10)
1.3.1 胞间连丝的结构	(10)
1.3.2 胞间连丝功能	(10)
1.4 生物膜的结构和功能	(11)
1.4.1 生物膜的化学组成	(11)
1.4.2 生物膜的结构	(12)
1.4.3 生物膜的功能	(13)
1.5 植物细胞亚微结构和功能	(14)
1.5.1 细胞内膜系统	(14)
1.5.2 细胞核	(16)
1.5.3 质体	(18)

1.5.4	线粒体	(19)
1.5.5	其他细胞器	(20)
1.5.6	细胞骨架	(21)
1.5.7	细胞质基质	(23)
1.6	植物细胞信号转导	(24)
1.6.1	环境刺激与胞外信号	(24)
1.6.2	受体和跨膜信号转换	(25)
1.6.3	细胞内信号分子和第二信使系统	(27)
1.6.4	信号转导中的蛋白质可逆磷酸化	(32)
1.7	研究细胞结构和功能的方法	(33)
1.7.1	细胞化学技术	(33)
1.7.2	显微技术	(34)
1.7.3	显微放射自显影技术	(35)
1.7.4	细胞内含物的分级分离方法	(36)
小 结	.....	(36)
2	植物生物化学基础	(38)
2.1	生物大分子	(38)
2.1.1	糖	(39)
2.1.2	蛋白质与氨基酸	(49)
2.1.3	核酸	(59)
2.1.4	脂类	(66)
2.2	酶	(69)
2.2.1	酶的性质	(69)
2.2.2	酶的命名和分类	(75)
2.2.3	酶的作用特性和作用机理	(77)
2.2.4	同工酶、变构酶及多酶体系	(80)
2.2.5	影响酶促反应的因子	(81)
小 结	.....	(85)
3	植物的呼吸作用	(87)
3.1	植物呼吸代谢的途径	(88)
3.1.1	植物呼吸作用的类型	(88)
3.1.2	植物呼吸底物及其代谢途径概述	(89)
3.1.3	糖酵解	(89)
3.1.4	发酵作用	(93)
3.1.5	三羧酸循环	(93)
3.1.6	戊糖磷酸途径	(97)

3.1.7 乙醛酸循环和乙醇酸氧化途径	(99)
3.2 电子传递与氧化磷酸化	(100)
3.2.1 呼吸电子传递	(101)
3.2.2 氧化磷酸化	(109)
3.2.3 能量转换与利用	(114)
3.3 呼吸作用的指标及其测定	(115)
3.3.1 呼吸作用的指标	(115)
3.3.2 呼吸速率的测定	(116)
3.4 影响呼吸作用的因素	(117)
3.4.1 影响植物呼吸作用的内部因素	(117)
3.4.2 影响植物呼吸作用的环境因素	(118)
3.5 呼吸作用的调控	(121)
3.5.1 巴斯德效应	(121)
3.5.2 糖酵解和三羧酸循环的调节	(122)
3.5.3 磷酸戊糖途径的调节	(123)
3.5.4 其他调节途径	(123)
小 结	(123)
4 光合作用	(125)
4.1 引 言	(125)
4.1.1 光合作用的发现及其早期研究中的重要实验	(126)
4.1.2 光合器和光合色素	(128)
4.2 光反应	(129)
4.2.1 光具波粒二相性	(129)
4.2.2 光合色素的吸收光谱	(129)
4.2.3 光系统	(132)
4.2.4 光合电子传递链	(133)
4.3 碳反应	(138)
4.3.1 卡尔文循环	(138)
4.3.2 卡尔文循环的能量利用效率	(140)
4.3.3 卡尔文循环的调控	(141)
4.4 光呼吸	(143)
4.4.1 光呼吸的定义	(143)
4.4.2 光呼吸的生物学功能	(144)
4.5 植物的 CO₂ 富集机制	(145)
4.5.1 CO ₂ 和 HCO ₃ ⁻ 泵	(146)
4.5.2 C ₄ 光合碳代谢途径	(146)
4.5.3 景天酸代谢 (CAM) 途径	(149)

4.6 环境因子对光合作用的影响	(149)
4.6.1 光对光合作用的影响	(150)
4.6.2 温度	(153)
小 结	(158)
5 植物体内有机物代谢、运输与分配	(160)
5.1 植物体内主要有机物的代谢	(160)
5.1.1 糖的代谢	(160)
5.1.2 脂类化合物的代谢	(164)
5.1.3 蛋白质的代谢	(170)
5.1.4 核酸的代谢	(175)
5.1.5 植物代谢的相互关系	(181)
5.2 韧皮部中同化物的运输	(183)
5.2.1 韧皮部是同化物运输的主要途径	(183)
5.2.2 运输物质的种类	(184)
5.2.3 运输的方向	(185)
5.2.4 运输的速率	(186)
5.3 韧皮部运输的机理	(187)
5.3.1 压力流动学说	(187)
5.3.2 胞质泵动学说和收缩蛋白学说	(190)
5.4 韧皮部的装载及卸出	(190)
5.4.1 装载	(190)
5.4.2 卸出	(193)
5.5 同化产物的配置与分配及调控	(195)
5.5.1 同化产物的配置	(195)
5.5.2 同化产物的分配及调控	(195)
小 结	(200)
6 植物的水分代谢	(202)
6.1 植物生命活动与水分	(203)
6.1.1 水分的理化性质	(203)
6.1.2 植物体内的含水量和水分存在的状态	(205)
6.1.3 水对植物的生理生态作用	(206)
6.2 植物细胞对水分的吸收和运转	(207)
6.2.1 植物细胞的渗透性吸水	(207)
6.2.2 植物细胞的吸胀吸水	(214)
6.2.3 水分的移动	(215)
6.3 植物根系对水分的吸收	(220)

6.3.1	根系吸水的部位	(220)
6.3.2	水分向根系的运动	(220)
6.3.3	根系吸水的机理	(220)
6.3.4	影响根系吸水的土壤条件	(222)
6.4	植物的蒸腾作用	(223)
6.4.1	蒸腾作用的概念及生理意义	(224)
6.4.2	蒸腾作用的方式	(225)
6.4.3	气孔蒸腾	(225)
6.4.4	蒸腾作用的表示方法和调节	(233)
6.5	植物体内水分的向上运输	(236)
6.5.1	水分运输的途径	(236)
6.5.2	水分运输的动力	(238)
6.5.3	木质部中水分的传输	(239)
6.5.4	气穴和阻塞——木质部水流的阻断和恢复	(240)
6.5.5	茎中水分的贮存	(241)
6.6	合理灌溉的生理基础	(242)
6.6.1	植物的需水规律	(242)
6.6.2	合理灌溉的指标	(243)
6.6.3	节水灌溉	(243)
小 结	.....	(244)
7	植物的矿质营养	(246)
7.1	植物必需的矿质元素	(246)
7.1.1	植物体内的元素	(246)
7.1.2	植物必需的矿质元素和确定方法	(247)
7.1.3	植物必需的矿质元素的生理作用	(249)
7.1.4	植物缺乏矿质元素的诊断	(252)
7.2	植物细胞对矿质元素的吸收	(254)
7.2.1	被动吸收	(254)
7.2.2	主动吸收	(257)
7.2.3	胞饮作用	(259)
7.3	植物对矿质元素的吸收	(260)
7.3.1	根系吸收矿质元素的特点	(260)
7.3.2	根系吸收矿质元素的过程	(261)
7.3.3	影响根部吸收矿质元素的外界条件	(262)
7.3.4	地上部分对矿质元素的吸收	(263)
7.4	矿质元素在植物体内的运输与利用	(264)
7.4.1	矿质元素的运输形式	(264)

7.4.2	矿质元素长距离运输的途径与速度	(264)
7.4.3	矿质元素的利用	(265)
7.5	植物对氮、硫、磷和铁的同化	(265)
7.5.1	氮素的同化	(265)
7.5.2	硫酸盐的同化	(271)
7.5.3	磷酸盐的同化	(271)
7.5.4	铁的同化	(271)
7.6	合理施肥的生理基础	(272)
7.6.1	植物的需肥规律	(272)
7.6.2	合理施肥的指标	(273)
7.6.3	发挥肥效的措施	(274)
小 结	.....	(275)
8	植物生长物质	(277)
8.1	植物生长物质的概念和作用	(277)
8.2	生长素类	(279)
8.2.1	生长素类的发现和化学结构	(279)
8.2.2	生长素的代谢和存在形式	(281)
8.2.3	生长素在植物体内的合成部位和运输	(284)
8.2.4	生长素的生理作用	(287)
8.2.5	生长素的作用机理	(289)
8.3	赤霉素类	(292)
8.3.1	赤霉素的发现	(292)
8.3.2	赤霉素的结构及其种类	(293)
8.3.3	赤霉素的分布和运输	(294)
8.3.4	赤霉素的生物合成	(294)
8.3.5	赤霉素的作用机理	(295)
8.3.6	赤霉素的生理效应	(296)
8.4	细胞分裂素	(298)
8.4.1	细胞分裂素的发现	(298)
8.4.2	细胞分裂素的结构和种类	(298)
8.4.3	细胞分裂素的代谢	(299)
8.4.4	细胞分裂素的合成部位和运输	(301)
8.4.5	细胞分裂素的生理作用	(301)
8.4.6	细胞分裂素的作用机理及信号转导	(302)
8.5	脱落酸	(304)
8.5.1	脱落酸的发现及化学结构	(304)
8.5.2	脱落酸的代谢和运输	(305)

8.5.3	脱落酸的生理作用	(307)
8.5.4	脱落酸的作用机理及信号转导	(308)
8.6	乙烯	(309)
8.6.1	乙烯的发现	(309)
8.6.2	乙烯的分布、代谢及运输	(310)
8.6.3	乙烯的生理作用	(312)
8.6.4	乙烯的作用机理及信号转导	(313)
8.7	其他天然植物生长物质	(315)
8.7.1	油菜素内酯	(316)
8.7.2	多胺	(317)
8.7.3	茉莉酸类	(317)
8.7.4	水杨酸类	(319)
8.7.5	玉米赤霉烯酮	(319)
8.7.6	系统素	(319)
8.8	植物激素作用的相互关系	(320)
8.8.1	激素间的增效作用与颉颃作用	(320)
8.8.2	植物激素代谢过程及信号转导相互关系	(321)
8.9	顶芽抑制剂和生长延缓剂	(322)
8.9.1	破坏顶芽类	(322)
8.9.2	抑制节间伸长类	(323)
8.9.3	削弱顶端优势类	(324)
8.10	除草剂	(324)
8.10.1	苯氧羧酸类	(324)
8.10.2	酰胺类和醚类	(325)
8.10.3	取代脲类	(325)
8.10.4	均三氮苯类	(326)
8.10.5	甲酸酯类	(326)
小 结	.....	(326)
9	植物的生长生理	(329)
9.1	细胞的生长与分化	(329)
9.1.1	细胞分裂	(330)
9.1.2	细胞伸长	(332)
9.1.3	细胞分化	(334)
9.1.4	细胞分化的调节	(335)
9.1.5	植物器官发生与组织培养	(336)
9.1.6	木本植物分化	(338)
9.2	植株再生	(339)

9.2.1	不定芽发生再生途径	(339)
9.2.2	体细胞胚胎发生植株再生途径	(340)
9.3	植物生长基本规律	(343)
9.3.1	植物生长的基本规律	(343)
9.3.2	植物生长分析指标及应用	(345)
9.4	植物生长的相关性	(347)
9.4.1	地上部分与地下部分的相关性	(347)
9.4.2	主茎与侧枝的相关性	(349)
9.4.3	营养生长与生殖生长的相关性	(351)
9.5	环境因子对植物生长的影响	(352)
9.5.1	光	(352)
9.5.2	温度	(353)
9.5.3	水分	(354)
9.5.4	矿质营养	(354)
9.5.5	生物因子	(354)
9.6	光形态建成	(355)
9.6.1	光敏色素的发现和分布	(356)
9.6.2	光敏色素的化学性质和光化学转换	(357)
9.6.3	光敏色素的生理作用和反应类型	(359)
9.6.4	光敏色素的作用机理	(360)
9.6.5	蓝光和紫外光反应	(362)
9.7	森林生产力的生理基础	(364)
9.7.1	森林生产力	(364)
9.7.2	森林生物产量及生产力形成的生理学基础	(364)
9.8	植物的运动	(367)
9.8.1	向性运动	(367)
9.8.2	感性运动	(372)
小 结	.....	(375)
10	休眠与萌发	(377)
10.1	休 眠	(377)
10.1.1	休眠的概念	(377)
10.1.2	种子的休眠	(378)
10.1.3	芽的休眠	(383)
10.2	萌 发	(385)
10.2.1	种子的萌发	(385)
10.2.2	芽的萌发	(390)
小 结	.....	(390)

11 植物的成花与生殖生理	(392)
11.1 光周期现象	(393)
11.1.1 光周期反应类型	(393)
11.1.2 光周期诱导	(394)
11.1.3 光敏色素及其在光周期反应中的作用	(399)
11.1.4 内生昼夜节律	(399)
11.1.5 光周期反应的生理学	(400)
11.2 春化作用	(403)
11.2.1 成花过程的低温诱导	(403)
11.2.2 感受低温信号的部位	(406)
11.3 花发育的分子生物学机理	(407)
11.3.1 花发育相关基因	(407)
11.3.2 成花诱导的调控途径	(408)
11.3.3 花器官形成的 ABC 模型	(408)
11.4 树木的成花问题	(410)
11.4.1 树木的幼年期	(410)
11.4.2 阶段转化的本质	(411)
11.4.3 激素与树木成花	(412)
11.4.4 营养条件与树木成花	(413)
11.5 花器官形成与性别分化	(414)
11.5.1 花器官的形成	(415)
11.5.2 植物的性别分化	(415)
11.6 植物的授粉与受精	(416)
11.6.1 花粉活力与萌发	(416)
11.6.2 花粉与柱头的相互识别	(417)
11.6.3 授粉与坐果的关系	(420)
小 结	(422)
 12 植物的成熟和衰老	 (424)
12.1 种子成熟生理	(424)
12.1.1 胚分化和种子形成	(424)
12.1.2 种子成熟时的生理生化变化	(426)
12.1.3 外界条件对种子成熟和化学成分的影响	(429)
12.2 果实成熟生理	(429)
12.2.1 果实的生长	(430)
12.2.2 果实成熟时的生理生化变化	(430)
12.2.3 果实成熟的调节与基因表达	(432)
12.3 植物衰老的生理	(435)

12.3.1	衰老的类型	(435)
12.3.2	衰老时结构和生理生化变化	(436)
12.3.3	外界环境对衰老的影响	(436)
12.3.4	衰老的机制与调节	(437)
12.4	植物器官的脱落	(441)
12.4.1	脱落时细胞结构的变化	(441)
12.4.2	器官脱落的调节	(441)
12.4.3	器官脱落和基因表达	(444)
小 结	.....	(445)
13	植物的逆境生理	(447)
13.1	植物逆境生理概论	(447)
13.1.1	逆境概念和种类	(447)
13.1.2	逆境条件下植物形态结构和生理生化变化	(449)
13.2	水分胁迫及其伤害	(450)
13.2.1	干旱	(450)
13.2.2	水涝	(456)
13.3	温度胁迫及其伤害反应	(458)
13.3.1	高温	(458)
13.3.2	冷害	(459)
13.3.3	冻害	(460)
13.4	盐胁迫及其伤害反应	(463)
13.4.1	盐胁迫	(463)
13.4.2	盐胁迫伤害机理及抗盐的生理机制	(464)
13.5	植物对逆境的感知和反应	(467)
13.5.1	植物逆境信号的长距离信息传递	(467)
13.5.2	植物逆境信号的细胞内转导	(469)
小 结	.....	(471)
14	环境污染与植物响应	(473)
14.1	环境污染和植物伤害	(473)
14.1.1	大气污染和植物伤害	(473)
14.1.2	水体污染和植物伤害	(477)
14.1.3	土壤污染和植物伤害	(478)
14.2	植物修复与植物的抗污染能力	(479)
14.2.1	植物修复	(479)
14.2.2	植物的抗污染能力	(481)
小 结	.....	(483)