



普通高等教育农业部“十三五”规划教材



高等农林教育“十三五”规划教材

植物生理学

Zhiwu Shenglixue

第3版

■ 王云生 蔡永萍 主编



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

内容简介



普通高等教育农业部“十三五”规划教材



高等农林教育“十三五”规划教材

植物生理学

第3版

王云生 蔡永萍 主编

中国农业大学出版社

内 容 简 介

植物生理学是研究植物生命活动规律的科学。为了适应学科的快速发展,在 10 多所高校植物生理学一线教师的共同努力下,对《植物生理学》第 2 版教材进行了全面修订。

本版修订教材在保持原教材体系的基础上,结合学科的新进展,增加和修改了植物节水灌溉技术、磷酸盐的同化、植物工厂、LED 光源在植物生长中的应用、植物的次生代谢、生长素信号转导、GA 信号转导的去阻遏模型、细胞分裂素信号转导途径、光敏色素的作用方式、光敏色素调节基因表达、成花诱导分子基础等内容。全书共 9 章,内容包括植物水分生理、矿质营养、光合作用和光合产物运输、呼吸作用、细胞信号转导与生长物质、生长生理、生殖生理、成熟和衰老生理、逆境生理。

本书可作为高等农林院校生物专业和植物生产类各专业的植物生理学教材,也可作为高等师范院校、综合性大学的教学参考资料并可供相关领域的科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

植物生理学 / 王云生,蔡永萍主编. —3 版. —北京:中国农业大学出版社,2018. 12
ISBN 978-7-5655-2160-7

I. ①植… II. ①王…②蔡… 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(2018)第 284230 号

书 名 植物生理学 第 3 版

作 者 王云生 蔡永萍 主编

策划编辑 张秀环

责任编辑 韩元凤

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

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.caupress.cn>

E-mail cbsszs @ cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2018 年 12 月第 3 版 2018 年 12 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 25.5 印张 635 千字

定 价 66.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

全国高等农林院校生物科学类专业“十二五”规划系列教材
编审指导委员会

(按姓氏拼音首字母排序)

姓 名	所 在 院 校	姓 名	所 在 院 校
蔡庆生	南京农业大学	刘国琴	中国农业大学
蔡永萍	安徽农业大学	刘洪章	吉林农业大学
苍 晶	东北农业大学	彭立新	天津农学院
曹贵方	内蒙古农业大学	秦 利	沈阳农业大学
陈雯莉	华中农业大学	史国安	河南科技大学
董金皋	河北农业大学	宋 渊	中国农业大学
冯玉龙	沈阳农业大学	王金胜	山西农业大学
郭 蓓	北京农学院	吴建宇	河南农业大学
郭立忠	青岛农业大学	吴晓玉	江西农业大学
郭图强	塔里木大学	殷学贵	广东海洋大学
郭兴启	山东农业大学	余丽芸	黑龙江八一农垦大学
郭玉华	沈阳农业大学	张 炜	南京农业大学
李 唯	甘肃农业大学	赵 钢	仲恺农业工程学院
林家栋	中国农业大学出版社	赵国芬	内蒙古农业大学



第3版编委会

(本册主编首字母升序)

主 编 王云生 (安徽农业大学)

蔡永萍 (安徽农业大学)

副主编 刘爱荣 (安徽科技学院)

钱玉梅 (宿州学院)

高俊山 (安徽农业大学)

编写人员 (按编写章次先后排序)

蔡永萍 (安徽农业大学)

王云生 (安徽农业大学)

单长卷 (河南科技学院)

高丽萍 (安徽农业大学)

张玉琼 (安徽农业大学)

宗 梅 (安庆师范大学)

钱玉梅 (宿州学院)

武健东 (安徽农业大学)

黄守程 (安徽科技学院)

张晓平 (安徽师范大学)

谢永丽 (青海大学)

高俊山 (安徽农业大学)

蔡 健 (阜阳师范大学)

史刚荣 (淮北师范大学)

彭元成 (安徽农业大学)

刘亚军 (安徽农业大学)

刘爱荣 (安徽科技学院)

李 玲 (合肥师范学院)

李培金 (安徽农业大学)

王征宏 (河南科技大学)

司伟娜 (安徽农业大学)



第2版编委会

主 编 蔡永萍(安徽农业大学)

副 主 编 高丽萍(安徽农业大学)

柏新富(鲁东大学)

刘爱荣(安徽科技学院)

编写人员 (按编写章次先后排序)

柏新富(鲁东大学)

蔡永萍(安徽农业大学)

高丽萍(安徽农业大学)

单长卷(河南科技学院)

钱玉梅(宿州学院)

肖家欣(安徽师范大学)

王荣富(安徽农业大学)

蔡 健(阜阳师范大学)

梁喜龙(黑龙江八一农垦大学)

张玉琼(安徽农业大学)

刘爱荣(安徽科技学院)

王云生(安徽农业大学)

高俊山(安徽农业大学)

李 玲(合肥师范学院)

姜 丹(黑龙江八一农垦大学)

尹艺玲(皖西学院)

王征宏(河南科技大学)

张云华(安徽农业大学)

刘亚军(安徽农业大学)



第2版前言

植物生理学是高等农林院校生物专业和植物生产类各专业的一门重要专业基础课。近年来,随着分子生物学、生物信息学、基因组学、蛋白组学及环境生态学等学科研究的迅速发展,新知识、新理论不断涌现;如何在一部植物生理学教材中体现植物生理学的完整体系和主要内容,使学生能掌握植物生理学的知识体系、基本概念和原理,并加以应用,举一反三;同时又让学生了解植物生理学的新知识点、新理论和新成果,是每一位教材编写者必须认真思考的问题。

鉴于本教材第1版使用过程中,读者提出了许多好的意见和建议,同时在使用过程中也发现了书中尚有不妥和差错之处需要更正,为此,在中国农业大学出版社“全国高等农林院校生物科学类专业‘十二五’规划系列教材”的支持下,本教材得以全面修订再版,本次修订得到10多所学校植物生理学教学一线教师的支持,共同完成了本版的全面编写修订工作。本教材是10多所学校教师多年教学经验的总结和辛勤劳动的集体成果,继承和发扬了多本国内外传统教材的基本内容和特色。又根据学科的发展,增加了新概念、新技术和新理论成果,期望本次修订,能为提高植物生理学本科教学水平发挥应有的作用,以适应学分制改革和本科生人才培养的需要。

本次具体修订内容有:增加和修改了植物提水作用、水通道蛋白的分类和水分跨膜运输、植物缺素症的防治方法、合理施肥原则、无土栽培技术及应用、植物细胞信号转导、植物激素的信号转导途径、植物光控发育、光周期和春化作用的分子机理、成花诱导和开花分子生物学、种子发育的基因表达、植物抗逆性的获得和信号转导、大气 CO_2 浓度的增高对植物的影响等内容。增补和更换了部分图表,部分基础知识和新研究内容用楷体字排版,以方便学生自学。

本教材共分10章,每章编写和修改由两位以上编委完成。参与编写和修改的编委按章节顺序如下:绪论,柏新富、蔡永萍;第1章,高丽萍、单长卷;第2章,高丽萍、钱玉梅;第3章,肖家欣、王荣富;第4章,蔡健、蔡永萍;第5章,梁喜龙、张玉琼;第6章,刘爱荣、张玉琼、王云生;第7章,高俊山、李玲、王荣富;第8章,蔡永萍、姜丹;第9章,王云生、尹艺玲;第10章,王征宏、张云华;中英文索引和参考文献,刘亚军。初稿完成后,每章由2~3位编委互审,最后由高俊山、王云生、钱玉梅、刘亚军、武健东校阅,蔡永萍统稿、定稿。本教材中引用了国内外许多有关论文和教材的资料和图表,在此表示感谢。本教材再版得到



安徽农业大学教务处、教材中心和中国农业大学出版社的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

本教材在修订再版过程中,编委们根据多年教学一线经验及本教材第1版使用过程中存在的一些不足,精益求精,力图不断提高编写质量,但由于编者水平有限,书中定有不妥和谬误之处,敬请读者批评指正。

蔡永萍

2013年9月于安徽农业大学

第1版前言

植物生理学是高等农林院校生物专业和植物生产类各专业的一门重要专业基础课。近年来,随着分子生物学、生物信息学、基因组学、蛋白组学及环境生态学等研究的迅速发展,植物生理学教学内容往往跟不上学科发展的要求,教材需要不断充实、修改和更新。因此,植物生理学教材建设备受国内外同行的重视,国内外新版植物生理学教材多、更新快,共同特点是不断将学科的新发展、新成果引入植物生理学教材。

然而,随着学科的发展,新知识、新理论不断涌现,植物生理学教学内容庞大。另一方面,随着我校本科生教学学分制改革的深入,课程标准化、小型化的完善,教学时数有限,如何在有限的学时内,将植物生理学的完整体系和主要内容教授给学生,使学生能掌握植物生理学的知识体系、基本概念和原理,并加以应用,举一反三。“授之与渔,而不是授之与鱼”是我们每一个植物生理学教学工作者面临的现实和必须认真思考的问题。

为此,在校教务处和中国农业大学出版社的大力支持下,《植物生理学》被列入我校学分制课程系列教材出版计划,植物生理教研室老师结合我校植物生理学教学特点和实际,编写了这本教材。该教材是本教研室老师多年教学经验的总结和辛勤劳动的集体成果,继承发扬了多本国内外传统教材的基本内容和特色。又根据学科的发展,编进了新概念、新技术和新理论成果,期望能为提高我校的植物生理学教学水平发挥应有的作用,以适应学分制改革和本科生人才培养的需要。

本教材共分10章,绪论、第4、8章由蔡永萍编写,第1、2章由高丽萍编写,第3、7章由王荣富编写,第5、6章由张玉琼编写,第6、9章由王云生编写,第10章由张云华编写。最后由蔡永萍统稿、定稿。

本教材中引用了国内外许多有关论文和教材的资料和图表,在此表示感谢。在教材出版过程中得到校教务处、教材中心和中国农业大学出版社的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

本书的编者们精益求精,力图使本教材成为一本具有特色的植物生理学教材,但由于编者水平有限,时间仓促,书中定有不妥和谬误之处,敬请批评指正。

蔡永萍

2007年11月于安徽农业大学



目 录

绪论	1
1. 植物生理学的定义和研究内容	1
2. 植物生理学的产生和发展	2
3. 现代植物生理学发展的特点	3
4. 植物生理学在植物生产业中的应用	4
5. 学习植物生理学的要求和方法	5
第 1 章 植物水分生理	7
1.1 水分在生命活动中的作用	8
1.1.1 水分子结构和物理化学性质	8
1.1.2 水分在植物生命活动中的作用	8
1.2 植物细胞对水分的吸收	9
1.2.1 植物细胞的水势	9
1.2.2 植物细胞吸水的方式	12
1.3 植物根系对水分的吸收	15
1.3.1 根系吸水的部位	15
1.3.2 根系吸水的途径	16
1.3.3 根系吸水的方式和驱动力	16
1.3.4 影响根系吸水的环境因子	18
1.3.5 植物根系的提水作用	20
1.4 植物的蒸腾作用	21
1.4.1 蒸腾作用的概念及生理意义	21
1.4.2 蒸腾作用的度量	21
1.4.3 蒸腾作用的方式	22
1.4.4 气孔蒸腾	22
1.4.5 蒸腾作用的调节	28
1.5 土壤—植物—大气连续系统	30



1.5.1	水分运输的途径	30
1.5.2	水分沿导管上升的机制	31
1.6	合理灌溉的生理基础	32
1.6.1	作物的需水规律	32
1.6.2	合理灌溉的指标	33
1.6.3	节水灌溉	34
第2章	植物的矿质营养	37
2.1	植物的必需元素	38
2.1.1	植物体内的元素	38
2.1.2	植物必需的矿质元素	38
2.1.3	植物必需元素的生理作用	40
2.1.4	作物缺乏矿质元素的诊断方法	45
2.2	植物细胞对矿质元素的吸收	46
2.2.1	跨膜电势梯度和膜电位	47
2.2.2	植物细胞的离子跨膜运输机制	47
2.3	植物根系对矿质元素的吸收及运输	52
2.3.1	植物吸收矿质元素的特点	52
2.3.2	根系吸收矿质元素的过程	53
2.3.3	影响根部吸收矿质元素的条件	55
2.3.4	矿质元素在植物体内的运输	58
2.3.5	叶片对矿质元素的吸收	59
2.4	氮素及磷酸盐的同化	59
2.4.1	氮的同化	59
2.4.2	磷酸盐的同化	62
2.5	合理施肥的生理学基础	62
2.5.1	作物需肥的特性	63
2.5.2	合理施肥的指标	64
2.6	植物工厂	67
2.6.1	植物工厂的发展现状	67
2.6.2	植物工厂的关键技术	68
2.6.3	植物工厂的功能拓展	69
第3章	植物的光合作用和光合产物运输	71
3.1	叶绿体及其色素	72



3.1.1	叶绿体的结构和成分	73
3.1.2	光合色素	74
3.1.3	叶绿素的合成及降解	78
3.2	光合作用过程及机理	80
3.2.1	原初反应	81
3.2.2	电子传递与光合磷酸化	83
3.2.3	碳同化	90
3.2.4	光呼吸	100
3.3	光合产物及其运输	102
3.3.1	光合作用的产物	102
3.3.2	光合产物的运输与分配	104
3.4	光合作用的生态生理	117
3.4.1	影响光合作用的内部因素	117
3.4.2	影响光合作用的外部因素	118
3.5	光合作用与作物生产	128
3.5.1	光能利用率	128
3.5.2	提高作物产量的途径	129
第 4 章 植物的呼吸作用		133
4.1	呼吸作用的概念、指标及生理意义	134
4.1.1	呼吸作用的概念	134
4.1.2	呼吸作用的指标	134
4.1.3	呼吸作用的生理意义	135
4.2	高等植物呼吸代谢的多样性	136
4.2.1	呼吸代谢途径的多样性	136
4.2.2	植物呼吸链电子传递的多样性与氧化磷酸化	144
4.2.3	末端氧化系统的多样性	147
4.3	呼吸作用的调节与控制	150
4.3.1	巴斯德效应和糖酵解的调节	150
4.3.2	三羧酸循环的调节	151
4.3.3	戊糖磷酸途径的调节	151
4.3.4	腺苷酸能荷的调节	151
4.3.5	呼吸代谢能量的贮存和利用	152
4.4	呼吸作用和光合作用的关系	152



4.5	植物的次生代谢	153
4.5.1	植物的次生代谢及次生代谢物质	153
4.5.2	萜类化合物	155
4.5.3	酚类化合物	157
4.5.4	次生含氮化合物	164
4.6	呼吸作用的影响因素及应用	168
4.6.1	影响呼吸速率的因素	168
4.6.2	呼吸作用的应用	171
第5章	植物细胞信号转导与植物生长物质	175
5.1	植物细胞信号转导体系	176
5.1.1	胞外信号的种类及传递	177
5.1.2	跨膜信号转换	178
5.1.3	细胞内信号转导	182
5.1.4	蛋白质的可逆磷酸化	186
5.2	生长素类(auxins)	188
5.2.1	生长素的发现与化学结构	188
5.2.2	生长素在植物体内的分布与运输	190
5.2.3	生长素的代谢	190
5.2.4	生长素信号转导	193
5.2.5	生长素的生理效应	194
5.2.6	生长素的信号转导途径与作用机理	195
5.3	赤霉素类(gibberellins, GAs)	197
5.3.1	赤霉素的种类及化学结构	197
5.3.2	赤霉素的分布与运输	198
5.3.3	赤霉素生物合成及其调控	199
5.3.4	赤霉素的生理效应	202
5.3.5	赤霉素的作用机理	203
5.4	细胞分裂素类(cytokinins, CTK)	205
5.4.1	细胞分裂素的化学结构和种类	205
5.4.2	细胞分裂素的合成、运输及代谢	205
5.4.3	细胞分裂素的生理作用和应用	207
5.4.4	细胞分裂素的信号转导途径	208
5.5	脱落酸(abscisic acid, ABA)	210



5.5.1	脱落酸的结构	210
5.5.2	脱落酸的分布、运输和代谢	210
5.5.3	脱落酸的生理作用与应用	211
5.5.4	脱落酸的信号转导途径	214
5.6	乙烯(ethylene,ETH)	215
5.6.1	乙烯的分布	215
5.6.2	乙烯的生物合成及运输	216
5.6.3	乙烯的生理效应和应用	217
5.6.4	乙烯的信号转导途径与作用机理	218
5.7	植物生长调节物质	218
5.7.1	油菜素甾体类(brassinolides, BRs)	219
5.7.2	茉莉酸类(jasmonates, JAs)	219
5.7.3	水杨酸(salicylic acid, SA)	220
5.7.4	多胺(ployamines, PAs)	221
5.7.5	其他植物生长调节剂	222
5.8	植物生长调节剂及其在农林生产中的应用	222
5.8.1	植物生长调节剂	222
5.8.2	植物激素间的相互关系	225
5.8.3	植物生长调节剂在农林生产中的具体应用	227
第 6 章 植物的生长生理		230
6.1	种子的萌发和幼苗的生长	231
6.1.1	种子的活力和寿命	232
6.1.2	种子萌发时的生理生化变化	232
6.1.3	控制种子萌发的环境条件	236
6.1.4	种子预处理与种子萌发的调节	239
6.1.5	幼苗的形成	240
6.2	植物的组织培养	240
6.2.1	植物组织培养的原理	240
6.2.2	植物组织培养的基本方法	240
6.2.3	植物组织培养的应用	242
6.3	植物生长的周期性	243
6.3.1	植物生长的指标和生长大周期	243
6.3.2	植物生长的温周期性	244



019	6.3.3	植物生长的季节周期性	245
019	6.4	植物生长的相关性	246
119	6.4.1	地上部分与地下部分的相关性	246
112	6.4.2	主茎与侧枝的相关性	249
219	6.4.3	营养生长与生殖生长的相关性	252
719	6.4.4	植物的再生与极性	253
019	6.5	植物的运动	254
719	6.5.1	向性运动	254
849	6.5.2	感性运动	258
319	6.5.3	近似昼夜节奏——生物钟	260
019	6.6	影响植物生长的环境条件	262
019	6.6.1	温度	262
089	6.6.2	水分	263
189	6.6.3	生物因子	263
889	6.6.4	机械刺激	264
589	6.6.5	光	264
989	6.7	植物的光控发育	264
829	6.7.1	光敏色素	266
929	6.7.2	蓝光受体	276
029	6.7.3	紫外光-B反应	281
	第7章	植物的生殖生理	283
909	7.1	幼年期与花熟状态	284
909	7.1.1	幼年期的特征	284
883	7.1.2	提早成熟的措施	285
882	7.2	春化作用	285
019	7.2.1	春化作用的概念及植物对低温反应的类型	285
019	7.2.2	春化作用的时期、部位和刺激传导	286
019	7.2.3	春化作用的条件	287
083	7.2.4	春化作用的特点	288
919	7.2.5	春化作用的分子机制	288
719	7.3	光周期	290
719	7.3.1	光周期现象的发现	290
419	7.3.2	光周期的反应类型	291



7.3.3	临界日长和临界暗期	291
7.3.4	光周期诱导	293
7.3.5	光周期刺激的感受和传导	293
7.3.6	暗期间断实验	295
7.3.7	成花素	296
7.3.8	春化和光周期理论在生产实际中的应用	297
7.4	成花启动和花器官形成生理	298
7.4.1	成花诱导途径	299
7.4.2	控制花器官发生的基因	301
7.4.4	花器官生长发育所需的条件	302
7.4.5	植物性别分化	303
7.5	受精生理	304
7.5.1	花粉和柱头的生活力	304
7.5.2	花粉萌发和花粉管伸长	305
7.5.3	受精过程中雌蕊的生理生化变化	307
7.5.4	花粉和柱头的相互识别和自交不亲和	308
第8章	植物的成熟和衰老生理	312
8.1	种子和果实的发育与成熟	313
8.1.1	种子的发育及其基因表达	313
8.1.2	种子成熟时的生理生化变化	314
8.1.3	果实的生长	316
8.1.4	果实成熟时的生理生化变化	317
8.2	植物的休眠	319
8.2.1	种子休眠的原因和破除	319
8.2.2	种子和延存器官休眠的调节	321
8.3	植物的衰老	321
8.3.1	植物衰老的类型与意义	321
8.3.2	植物衰老时的生理生化变化	321
8.3.3	植物衰老的机制	323
8.3.4	衰老过程中的基因表达和调控	324
8.3.5	环境条件对植物衰老的影响	325
8.4	植物器官的脱落	326
8.4.1	器官脱落的概念与类型	326



8.4.2	器官脱落的机理	326
8.4.3	环境条件对脱落的影响	329
第9章	植物的逆境生理	331
9.1	抗逆生理通论	332
9.1.1	逆境的定义和种类	332
9.1.2	植物抵抗逆境的方式	332
9.1.3	逆境对植物的伤害	333
9.1.4	植物对逆境的适应和交叉适应	334
9.1.5	植物抗逆性的获得和信号转导	336
9.2	寒害生理与植物的抗寒性	336
9.2.1	冷害和植物抗冷性	336
9.2.2	冻害和植物抗冻性	338
9.2.3	植物对低温的适应性及信号转导	340
9.3	干旱胁迫与植物的抗旱性	342
9.3.1	干旱类型	342
9.3.2	干旱对植物的伤害	342
9.3.3	植物的抗旱类型和特征	344
9.3.4	提高植物抗旱性的途径	344
9.4	其他逆境生理与植物抗逆性简介	345
9.4.1	热害生理与植物的抗热性	345
9.4.2	涝害生理与植物的抗涝性	347
9.4.3	盐害生理与植物的抗盐性	348
9.4.4	病害生理与植物的抗病性	350
9.4.5	虫害生理与植物的抗虫性	352
9.4.6	环境污染物对植物的伤害和植物的抗性	353
	英汉名词	359
	参考文献	383