


全国高等农林院校“十一五”规划教材

植物生理生化

王三根 主编

 中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

植物生理生化

王三根 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

植物生理生化/王三根主编. —北京: 中国农业出版社,
2007. 12

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-11969-7

I. 植… II. 王… III. ①植物生理学—高等学校—教材
②植物学: 生物化学—高等学校—教材 IV. Q94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 175156 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 李国忠

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 25.25

字数: 600 千字

定价: 36.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 王三根（西南大学）

副主编 苍 晶（东北农业大学）

曾汉来（华中农业大学）

编 者（按姓氏笔画排序）

王三根（西南大学）

车永梅（青岛农业大学）

邓林伟（湖南农业大学）

苍 晶（东北农业大学）

黄爱缨（西南大学）

黄绵佳（华南热带农业大学）

曾汉来（华中农业大学）

谢寅峰（南京林业大学）

审 稿 吴珍龄（西南大学）

前 言

《植物生理生化》为全国高等农林院校“十一五”规划教材，是全国高等院校生物、农学、园艺、植保、土壤农化、林学、草业、资源环境、蚕桑、茶学、食品加工等专业学员使用的基本教材。

新世纪的生命科学日新月异，“生物化学”与“植物生理学”课程是高等院校相关专业两门重要的专业基础课。随着我国农村经济的发展和农业现代化进程的加快，新的学科专业不断涌现，加上学员其他课程和选修课程的增加，以及培养高层次应用型、实践性农林专门人才的规模加大，根据面向 21 世纪农林人才素质要求和专业培养模式改革的需要，许多专业仅要求开设“植物生理生化”或“植物生理学”（但教学中要求其中包含“生物化学”的基本内容），在一学期内完成教学任务。《植物生理生化》教材可满足这方面的教学需求。

通过本课程的系统学习，使学员了解植物体主要物质代谢和能量转换的基本规律，新陈代谢活动机理，掌握植物与环境进行物质和能量交换的基本理论，植物生长发育的基本规律，深入了解环境对植物生命活动的影响和植物对逆境条件的抗性，并掌握一些主要植物生理生化指标的测定方法和进行植物生理生化分析的基本技术，为后续专业课程的学习打下坚实的基础。

本教材从不同层次、不同水平、不同角度、纵横交错地探索植物生命活动规律的方方面面，大致可分为如下几部分。第一部分，是静态生物化学基础和细胞生理生化，包括第一章植物的生物大分子、第二章酶、第三章植物细胞的结构和功能。第二部分是植物有机物转化及功能与代谢的生理生化，包括第四章植物的水分生理、第五章植物矿质与氮素营养、第六章植物的光合作用、第七章植物的呼吸作用、第八章有机物的转化和信息分子的表达、第九章有机物的运输与分配及信号转导。第三部分是植物生长发育的生理生化，主要介绍植物从种子萌发、根茎叶营养器官建成、开花结实、衰老脱落及新种子形成中的代谢变化特点和调控机制，包括第十章

植物生长物质、第十一章植物的生长和运动、第十二章植物成花和生殖生理、第十三章植物的成熟和衰老生理。第四部分是第十四章，即植物的抗性生理。贯穿于全书的是植物生命现象化学本质及运动规律的主线条，而植物生命活动过程中物质代谢、能量转换、信息传递及由此表现出的形态建成诸方面的有机联系是本教材的特点。

本教材编写分工为：西南大学黄爱婴编写第一章、第八章和第九章；湖南农业大学邓林伟编写第二章；华南热带农业大学黄绵佳编写第四章和第七章；青岛农业大学车永梅编写第五章；南京林业大学谢寅峰编写第十章；东北农业大学苍晶编写第十一章和第十三章；华中农业大学曾汉来编写第十二章和第十四章；西南大学王三根编写绪论、第三章和第六章。在广泛征求意见的基础上，编写人员互相审阅修订，经西南大学吴珍龄审定初稿，再次修订后，由王三根统稿。

本教材的编写出版得到了中国农业出版社的帮助及各编者所在学校的支持。另外，编写过程中参考和引用了国内教材的许多资料和图片，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，教材中定有不少缺点和错误，请广大同仁和读者提出宝贵意见，以便今后修改完善。

编者

2007年11月

目 录

前言

绪论	1
一、植物生理生化的概念及内容	1
二、植物生理生化的发展	2
三、植物生理生化与生产实践	4
小结	5
复习思考题	5
第一章 植物的生物大分子	6
第一节 植物生命的分子基础	6
第二节 核酸	7
一、核酸的种类、分布和功能	7
二、核酸的基本构成单位——核苷酸	8
三、核酸的结构	11
四、核酸的性质	14
第三节 蛋白质	15
一、蛋白质的基本构成单位——氨基酸	15
二、蛋白质的结构	19
三、蛋白质的性质	23
四、蛋白质的分类和功能	24
第四节 糖类	26
一、糖类的生物学功能	26
二、植物体内的糖	26
第五节 脂类	29
一、脂类的生物学功能	29
二、植物体内的脂	30
小结	32
复习思考题	33
第二章 酶	35
第一节 酶的概述	35
一、酶的概念	35
二、酶的命名	35

三、酶的分类	36
第二节 酶作用的特点	37
一、酶催化反应的条件温和	37
二、酶催化的高效性	38
三、酶催化的专一性	38
四、酶活性可调节控制	38
第三节 酶的组成与结构	38
一、酶的化学组成	38
二、酶的结构	39
三、维生素与辅酶或辅基	40
第四节 酶的作用机理	44
一、酶的中间物学说	44
二、酶与底物结合的几种学说	45
第五节 酶促反应的动力学	46
一、酶促反应速度与酶活力单位	46
二、影响酶促反应速度的因素	47
小结	50
复习思考题	51
第三章 植物细胞的结构与功能	52
第一节 植物细胞概述	52
一、高等植物细胞的特点	52
二、原生质的性质	54
第二节 细胞壁	56
一、细胞壁的结构与功能	56
二、胞间连丝	59
第三节 生物膜	60
一、生物膜的化学组成与结构特点	60
二、生物膜的功能	63
第四节 植物细胞的亚微结构	63
一、微膜系统	64
二、微梁系统	68
三、微球系统	69
四、植物细胞结构与功能的统一	70
小结	71
复习思考题	71
第四章 植物的水分生理	73
第一节 水分在植物生命活动中的重要性	73

一、植物的含水量及水分存在状态	73
二、水分在植物生命活动中的作用	74
第二节 植物细胞对水分的吸收	74
一、细胞的渗透吸水	75
二、细胞的吸胀吸水	78
三、植物细胞吸水与水孔蛋白	78
第三节 植物根系对水分的吸收	79
一、根系吸水的部位	79
二、根系吸水的途径	80
三、根系吸水的机理	81
四、影响根系吸水的环境条件	82
第四节 植物的蒸腾作用	83
一、蒸腾作用的意义	83
二、蒸腾作用的部位及指标	84
三、气孔蒸腾	84
第五节 植物体内水分的运输	88
一、水分运输的途径	88
二、水分运输的速度	89
三、水分向上运输的机制	89
第六节 合理灌溉的生理基础	90
一、作物的需水规律	90
二、合理灌溉指标	91
小结	92
复习思考题	93
第五章 植物的矿质营养	94
第一节 植物体内的必需矿质元素	94
一、植物体内的元素组成	94
二、植物必需元素及其研究方法	95
第二节 植物必需元素的生理功能及缺素症	97
一、大量元素的生理功能及缺素症	97
二、微量元素的生理功能及缺素症	100
第三节 植物对矿质元素的吸收	102
一、植物细胞对矿质元素的吸收	102
二、植物根系对矿质元素的吸收	106
三、影响根系吸收矿质元素的因素	108
第四节 矿质元素在植物体内的运输和分布	110
一、矿质元素运输的形式和途径	110
二、矿质元素的利用	111

第五节 合理施肥的生理基础	111
一、作物的需肥规律	111
二、合理施肥的指标	112
小结	114
复习思考题	114
第六章 植物的光合作用	116
第一节 光合作用概述	116
一、光合作用的概念	116
二、光合作用的意义	116
三、光合作用的度量	117
第二节 叶绿体及光合色素	118
一、叶绿体的结构与化学组成	118
二、光合色素	120
第三节 光合作用的机理	125
一、原初反应	126
二、电子传递与光合磷酸化	127
三、碳同化作用	132
第四节 光呼吸	138
一、光呼吸的生化历程	138
二、光呼吸的生理功能	140
第五节 影响光合作用的因素	140
一、内部因素	140
二、外界因素	141
第六节 植物对光能的利用	144
一、作物光能利用率	145
二、光合作用与作物产量的关系	145
小结	147
复习思考题	148
第七章 植物的呼吸作用	149
第一节 呼吸作用的概念及其生理意义	149
一、呼吸作用的概念	149
二、呼吸作用的生理意义	150
第二节 糖的无氧降解	150
一、糖酵解的生化过程	150
二、糖酵解的能量转化与生物学意义	154
第三节 糖的有氧降解	154
一、三羧酸循环	154

二、磷酸戊糖途径	159
第四节 电子传递与氧化磷酸化	161
一、生物氧化的概念	161
二、电子传递链	161
三、氧化磷酸化作用	164
第五节 末端氧化酶系统	166
一、细胞色素氧化酶	166
二、植物抗氰氧化酶系统与抗氰呼吸	166
三、多酚氧化酶系统	167
四、抗坏血酸氧化酶系统	167
五、乙醇酸氧化酶	168
第六节 影响呼吸作用的因素	168
一、呼吸作用度量指标	168
二、内部因素对呼吸速率的影响	169
三、外界条件对呼吸速率的影响	170
第七节 植物呼吸作用与农业生产	171
一、呼吸作用与作物栽培	171
二、呼吸作用与粮食储藏	171
三、呼吸作用与果蔬储藏	172
小结	172
复习思考题	173
第八章 有机物的转化和信息分子的表达	174
第一节 植物体内有机物的转化	174
一、碳水化合物的转化	174
二、脂类的转化	177
三、蛋白质的降解与氨基酸的转化	183
四、核酸的降解与核苷酸的转化	185
第二节 信息分子的复制和表达	187
一、脱氧核糖核酸的合成	188
二、核糖核酸的合成	191
三、蛋白质的合成	193
四、基因工程	198
小结	200
复习思考题	201
第九章 有机物的运输与分配及植物的信号转导	202
第一节 有机物运输的途径	202
一、短距离运输系统	202

二、长距离运输系统	203
第二节 韧皮部运输的机理	205
一、韧皮部运输的物质和速率	205
二、韧皮部运输的机理	207
第三节 有机物的分配	210
一、代谢源与代谢库	210
二、同化物分配规律	211
第四节 高等植物的信号转导	212
一、胞外信号及其传递	213
二、跨膜信号转换	215
三、细胞内信号	216
四、蛋白质的磷酸化和去磷酸化	218
小结	219
复习思考题	220
第十章 植物生长物质	221
第一节 植物激素和生长调节剂的概念	221
第二节 生长素类	222
一、生长素的发现	222
二、生长素的分布与运输	224
三、生长素的代谢	225
四、生长素的生理效应	227
五、生长素的作用机理	228
第三节 赤霉素类	230
一、赤霉素的发现	230
二、赤霉素的化学结构与活性	231
三、赤霉素的生物合成与运输	231
四、赤霉素的生理效应	233
五、赤霉素的作用机理	234
第四节 细胞分裂素类	236
一、细胞分裂素的发现和种类	236
二、细胞分裂素的分布与代谢	237
三、细胞分裂素的生理效应	238
四、细胞分裂素的作用机理	239
第五节 脱落酸	240
一、脱落酸的发现	240
二、脱落酸的化学结构	241
三、脱落酸的分布与代谢	241
四、脱落酸的生理效应	243
五、脱落酸的作用机理	244

第六节 乙烯	246
一、乙烯的发现	246
二、乙烯的生物合成及运输	247
三、乙烯的生理效应	249
第七节 油菜素内酯	250
一、油菜素内酯的发现和种类	250
二、油菜素内酯的合成及分布	251
三、油菜素内酯的生理效应及应用	251
第八节 其他植物生长物质及其应用	252
一、多胺	252
二、茉莉酸	253
三、水杨酸	254
四、其他生长调节剂	255
五、植物生长物质的应用	258
小结	259
复习思考题	260
第十一章 植物的生长生理	261
第一节 生长、分化和发育概述	261
一、生长和分化	261
二、发育	261
第二节 细胞和植物体的生长与分化	262
一、植物细胞发育的时期及特点	262
二、植物生长与分化的类型	264
三、植物的组织培养	266
第三节 生长分析与运动	269
一、生长曲线与生长大周期	269
二、生长与运动	270
第四节 种子萌发与幼苗生长	273
一、种子的萌发及寿命与生活力	273
二、影响种子萌发的环境条件	274
三、幼苗的形成	277
第五节 植物生长的相关性	282
一、地下部和地上部的相关性	282
二、主茎和侧枝的相关性	284
三、营养器官与生殖器官的相关性	286
小结	286
复习思考题	287

第十二章 植物的成花和生殖生理	289
第一节 从营养生长到生殖生长的转变	289
第二节 春化作用	290
一、春化作用的条件	290
二、春化作用的时期和感受部位	292
三、春化产生的开花刺激物及其传导	292
四、春化作用的机理	293
五、春化作用在农业生产上的应用	294
第三节 光周期现象	294
一、光周期现象的发现	294
二、植物对光周期反应的类型	295
三、临界日长与临界暗期	296
四、光周期诱导作用	298
五、光敏色素及其在开花中的作用	300
六、光周期理论在农业生产中的应用	301
第四节 花芽分化与性别分化	302
一、花芽分化	302
二、花的性别分化	304
第五节 受精生理	305
一、花粉萌发和花粉管生长	305
二、花粉与柱头的相互识别	306
三、授粉受精后的生理生化变化	306
小结	307
复习思考题	307
第十三章 植物的成熟和衰老生理	309
第一节 种子成熟时的生理生化变化	309
一、储藏物质的变化	309
二、呼吸速率的变化	310
三、含水量的变化	311
四、内源激素的变化	311
第二节 种子及延存器官的休眠	312
一、休眠的概念和意义	312
二、种子休眠	312
三、芽休眠	313
四、休眠的延长和打破	314
第三节 果实的生长和成熟	315
一、果实的生长	315
二、单性结实	316

三、果实呼吸跃变	316
四、肉质果实成熟时的生理生化变化	317
第四节 植物的衰老	318
一、植物衰老的类型及生物学意义	319
二、衰老时的生理生化变化	319
三、植物衰老的机制	320
第五节 器官脱落	322
一、器官脱落与离层的形成	322
二、脱落的激素调控	323
三、影响脱落的环境因素	324
四、控制器官脱落的途径	325
小结	326
复习思考题	326
第十四章 植物的抗性生理	328
第一节 抗性生理通论	328
一、逆境和植物的抗逆性	328
二、逆境下植物的形态变化与代谢特点	329
第二节 抗寒性	332
一、抗冷性	332
二、抗冻性	334
第三节 抗热性	336
一、植物对温度反应的类型	336
二、高温对植物的危害	337
三、植物耐热性的机理	338
第四节 抗旱性与抗涝性	339
一、抗旱性	339
二、抗涝性	342
第五节 抗盐性	343
一、盐害与抗盐性	343
二、盐分过多对植物的危害	344
三、植物抗盐性及其提高途径	344
第六节 环境污染与植物抗性	346
一、环境污染与植物生长	346
二、大气污染	346
三、水体污染和土壤污染	348
四、提高植物抗污染能力与环境保护	350
小结	351
复习思考题	352

附录 I 植物生理生化常见名词汉英对照	353
附录 II 植物生理生化常见名词英汉对照	368
主要参考文献	383

绪 论

一、植物生理生化的概念及内容

植物生理学 (plant physiology) 是研究植物生命活动规律的科学, 生物化学 (biochemistry) 是研究生命现象化学本质的科学。因此, 植物生理生化 (plant physiology and biochemistry) 是研究植物生命现象化学本质及其活动规律的科学。

在地球生物圈这样一个复杂的生态系统中, 植物是主要的生产者, 动物是主要的消费者, 微生物是主要的分解者。绿色植物可以完全依靠无机物和太阳能, 合成它赖以生存的各种有机物, 自给自足地建成其躯体, 成为自养生物 (autotroph), 还能为其他生物提供食物。因此, 植物在物质循环和能量流动中处于十分重要的地位, 成为整个生物圈运转的关键。

生活在环境中的植物, 通过物质的转化、能量的转化与信息的传递从而表现出形态的变化, 完成其生命活动过程。换言之, 植物生命活动是在水分平衡、矿质营养、光合作用、呼吸作用、物质转化与运输分配等基本新陈代谢 (metabolism) 的基础上, 表现出种子萌发、幼苗生长、营养器官与生殖器官的形成、运动、成熟、开花、结果、衰老、脱落、休眠等生长、分化和发育进程。地球上的植物种类繁多, 但构成如此众多的植物的化学元素却基本相似, 主要有碳、氢、氧、氮、磷、硫、钾、钙、镁等, 它们的含量占植物个体重量的 99% 以上。高等植物形态结构、生化反应和生理功能的基本单位是细胞, 植物激素和酶等是调控这些生命活动的物质基础, 植物生命活动过程表现出与环境条件的协调和统一。

对上述这些相互联系、相互依存、相互制约的生命现象的研究, 就是植物生理生化的基本内容。本教材从不同层次、不同水平、不同角度探索植物生命活动规律的方方面面, 大致可分为 4 个部分。

第一部分, 是静态生物化学基础及细胞生理, 包括生物大分子、酶、植物细胞的结构与功能。这一部分是从微观水平为后续内容的学习铺平道路、打下基础。

第二部分, 是植物有机物转化及功能与代谢的生理生化, 可以说是剖析了植物生命活动的一个横断面, 即植物几乎每日每时都在进行的一些基本生理生化活动, 主要包括水分代谢、矿质营养、光合作用、呼吸作用、生物大分子的转化和信息分子的表达、有机物的运输与分配及植物的信号转导。

第三部分, 是植物生长发育的生理生化, 主要介绍植物从种子萌发、根茎叶营养器官建成、开花、结果、脱落、衰老及新的种子形成等过程中的生理生化变化。由于植物激素在调节控制生长发育中的特殊意义, 故专门安排一章做介绍。这部分可以说是植物生命活动的一个纵剖面, 探索追踪植物在生长发育过程中的生理生化特点和代谢发育规律。

第四部分, 是环境生理, 主要介绍植物生理生化过程与外界生物及非生命环境条件, 特别是逆境条件下的相互关系。这部分可以说是从宏观角度将我们的视野, 也将植物生命活动置于大自