声明

本电子书由中国农业出版社数字出版，相关权利归中国农业出版社拥有。读者、著作权人和（或）依法可以行使著作权的权利人如有疑问，请与中国农业出版社联系：

地址：北京市朝阳区麦子店街１８号楼

邮编：100026

电话：010-64194921　010-65005894

E-mail：lishanzhao@sina.com

中国农业出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

植物生理生化

孟繁静　刘道宏　苏业瑜　编著

农学类、植保、农药、土壤等专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

植物生理生化

孟繁静　刘道宏　苏业瑜　编著

农学类、植保、农药、土壤等专业用

中国农业出版社

前　言

高等院校农林本科专业目录规定，在农学基础类学科中需开设植物生理与生物化学课程。目前国内还缺少这本教材。我们接受全国高等农业院校教材指导委员会生物基础学科组的任务，编写了这本《植物生理生化》一书。本书是根据国家教委委托江苏农学院（1988 年）拟定的、适于普通高等学院农科作物专业植物生理与生物化学课程中教学基本要求编写的，主要包括以下四部分内容：1. 生命的分子基础与结构基础（包括生物高分子、酶、植物细胞的化学组成与功能）；2. 代谢生理（包括水分生理、矿质营养、光合作用、呼吸作用和有机物质的合成、转化与运输）；3. 生长与发育（包括生长与发育的基本规律、植物激素与生长调节剂、成花生理、生殖衰老与脱落以及植物的运动）；4. 逆境生理（逆境与植物抗逆性）。

目前，多数高等农业院校分别开设了《植物生理学》和《基础生物化学》两门课程，总学时（包括实验课）约为 180～200 学时。在本课程的基本要求中提到要包括上述两门课程的主要内容，但规定的总学时数仅为 130～140 学时。如何在有限的时间内完成要求，则需要认真琢磨。在编写过程中，主观上我们尽力贯彻少而精的原则，力求根据学科特点和专业需要，处理好理论与实践、继承和创新的关系，并努力反映学科新成就。由于水平所限且时间仓促，书中不妥和错误之处在所难免，衷心欢迎读者批评指正。

我们在编写中，除以江苏农学院主编的《植物生理学》、阎隆飞、李明启主编的《基础生物化学》和 Frank B. Salisbury 与 Cleon W. Ross 著的“Plant Physiology”（第四版，1992）为主要参考书外，在各章最后还列出有关参考读物，供读者选阅。

本书的绪论、第二章、第四章、第十一章、第十二章、第十三章由孟繁静编写；第一章、第三章、第六章、第八章、第九章由苏业瑜编写；第五章、第七章、第十章、第十四章、第十五章由刘道宏编写。最后由孟繁静统一在内容、文字等方面进行润色和调整。

本书主审人是浙江农业大学饶立华，副审人是江苏农学院姜涌明。

孟繁静　刘道宏　苏业瑜

1992 年 12 月

目　　录

绪论 …… 1
一、植物生理与生物化学的内容与任务 …… 1
二、植物生理与生物化学的发展简史 …… 2
三、植物生理与生物化学与其他学科的关系 …… 3
第一章　生命的分子基础 …… 4
第一节　蛋白质 …… 5
一、氨基酸 …… 5
二、肽与肽键 …… 7
三、蛋白质的结构 …… 10
四、蛋白质的主要性质 …… 16
第二节　核酸 …… 17
一、核酸的种类及其组成 …… 17
二、DNA 的结构与功能 …… 19
三、RNA 分子的结构与功能 …… 23
四、核酸的主要性质 …… 27
第二章　植物细胞的结构与功能 …… 30
第一节　细胞的发生、进化与分类 …… 30
第二节　植物细胞的超微结构 …… 31
一、细胞超微结构的分离方法 …… 31
二、细胞各部分的结构与功能 …… 32
第三节　生物膜、质膜和内膜系统 …… 40
一、生物膜的化学组成与结构特征 …… 41
二、质膜的生理功能 …… 44
三、内膜系统 …… 45
第四节　原生质的胶体特性 …… 46
一、原生质亲水胶体 …… 46
二、原生质胶体特性 …… 46
第三章　酶的结构、催化与调节 …… 49
第一节　酶的组成、分类与命名 …… 49
一、酶的组成 …… 49
二、酶的分类与命名 …… 52
第二节　酶分子的结构与功能 …… 54
一、酶的活性部位 …… 54
二、酶的调节部位 …… 55
三、维持酶分子构象的必需基团 …… 55

需要全本请访问 www.ertongbook.com

四、具有其他功能的分子片段 …… 55
第三节　酶的催化作用 …… 56
一、酶催化反应的基本原理 …… 56
二、提高酶催化效率的因素 …… 57
第四节　酶促反应的动力学 …… 59
一、酶与底物浓度对酶促反应的影响 …… 59
二、pH 值对酶促反应的影响 …… 62
三、温度对酶促反应的影响 …… 63
四、激活剂对酶促反应的影响 …… 64
五、抑制剂对酶促反应的影响 …… 64
第五节　酶活性的调节 …… 69
一、酶的生物合成的调节 …… 69
二、酶活力的调节 …… 69
三、同工酶 …… 70
第六节　酶的纯化、测定及其应用 …… 71
一、酶的纯化 …… 71
二、酶活力的测定 …… 72
三、酶分析在农业上的应用 …… 73
第四章　水分生理 …… 75
第一节　水在植物生活中的作用 …… 75
第二节　植物对水分的吸收 …… 76
一、植物细胞吸水 …… 76
二、植物根系吸水 …… 83
第三节　蒸腾作用 …… 88
一、蒸腾作用的重要意义及表示方法 …… 88
二、蒸腾作用的气孔调节 …… 88
三、影响蒸腾作用的外界条件 …… 93
第四节　植物体内水分的运输 …… 94
一、水分运输的途径和速率 …… 94
二、水分沿导管上升的动力 …… 95
第五节　合理灌溉的生理基础 …… 95
一、作物的需水规律 …… 95
二、合理灌溉的指标 …… 96
第五章　植物的矿质和氮素营养 …… 98
第一节　植物的必需元素 …… 98
一、植物体内的元素及其含量 …… 98
二、植物必需的矿质元素 …… 99
三、必需元素的生理作用 …… 101
第二节　植物对矿质元素的吸收 …… 107
一、植物吸收矿质元素的特点 …… 107
二、根系对矿质元素的吸收 …… 109
三、影响根系对矿质元素吸收的因素 …… 113

四、叶片对矿质元素的吸收 …… 114
第三节 氮素同化 …… 115
一、硝酸盐的还原 …… 115
二、氨的同化 …… 116
第四节 矿质元素在植物体内的运输和再分配 …… 118
一、矿质元素运输的形式和途径 …… 118
二、矿质元素在植物体内的分配 …… 119
第五节 合理施肥的生理基础 …… 119
一、作物需肥规律 …… 119
二、合理施肥的形态和生理指标 …… 120
第六章 呼吸作用 …… 122
第一节 呼吸作用的一般概念 …… 122
一、呼吸作用的生理意义 …… 122
二、呼吸指标 …… 122
三、植物呼吸的特征 …… 123
第二节 糖酵解及其调节 …… 124
一、糖酵解途径 …… 124
二、丙酮酸的还原 …… 127
三、糖酵解途径的调节 …… 128
第三节 糖的有氧分解及其调节 …… 129
一、丙酮酸氧化脱羧 …… 129
二、三羧酸循环 …… 130
三、有氧分解代谢的调节 …… 132
四、有氧分解的生理意义 …… 133
第四节 呼吸链的组成及其功能 …… 134
一、呼吸链的组成 …… 134
二、呼吸链中各组分的排列顺序 …… 137
第五节 氧化磷酸化 …… 142
一、氧化还原电位与自由能 …… 143
二、偶联机制 …… 144
三、ATP 的转换及利用 …… 146
第六节 呼吸作用与农业生产实践 …… 147
一、氧气与农作物的生长 …… 147
二、CO_2 浓度与农产品的贮存 …… 148
三、温度对呼吸作用的影响 …… 148
四、水分对呼吸作用的影响 …… 149
第七章 光合作用 …… 150
第一节 光合作用的重要性 …… 150
一、光合作用的重要性 …… 150
二、光合速率的测定方法 …… 151
第二节 叶绿体和叶绿体色素 …… 152
一、叶绿体的结构及成分 …… 152

二、叶绿体色素 …… 153
三、光合色素的吸收光谱 …… 156
四、叶绿素的生物合成及其与环境条件的关系 …… 156
第三节　光合作用的机理 …… 159
一、原初反应 …… 160
二、光合作用的电子传递 …… 162
三、光合磷酸化作用 …… 164
四、二氧化碳的同化 …… 165
第四节　光呼吸 …… 170
一、光呼吸的生化过程 …… 170
二、光呼吸的生理意义 …… 172
第五节　影响光合作用的因素 …… 173
一、外界因素对光合作用的影响 …… 173
二、内部因素对光合作用的影响 …… 176
第六节　光合作用与作物产量 …… 177
一、植物的光能利用率 …… 177
二、光合作用与作物产量的关系 …… 178
三、提高光能利用率的途径 …… 179
第八章　有机物质的基础代谢 …… 181
第一节　糖类代谢 …… 181
一、单糖的代谢 …… 181
二、蔗糖的代谢 …… 187
三、淀粉的代谢 …… 188
四、其他多糖的代谢 …… 192
第二节　脂类代谢 …… 193
一、油脂的合成代谢 …… 193
二、油脂的降解 …… 199
三、磷脂和糖脂代谢 …… 201
第三节　氨基酸代谢 …… 204
一、氨基酸的合成代谢 …… 204
二、氨基酸的降解与转化 …… 206
第四节　物质代谢的相互关系 …… 210
一、糖与脂类代谢之间的相互关系 …… 210
二、氨基酸与糖代谢之间的相互关系 …… 211
三、基础代谢间的联系 …… 211
第五节　物质代谢的调节 …… 212
一、底物与代谢库 …… 213
二、酶活力的调节 …… 213
三、产物的反馈调节 …… 213
第九章　信息分子的复制与表达 …… 216
第一节　脱氧核糖核酸的复制 …… 216
一、DNA 复制的起始 …… 217

二、DNA 链的延伸与终止 …… 219
三、环状双链 DNA 的复制 …… 220
第二节　核糖核酸的转录 …… 221
一、RNA 聚合酶 …… 222
二、转录的程序 …… 224
三、转录后的加工 …… 227
四、逆转录与 RNA 复制 …… 229
第三节　蛋白质的生物合成 …… 230
一、蛋白质合成的起始 …… 230
二、肽链的延伸 …… 233
三、肽链的合成终止和释放 …… 234
四、新生肽链的改造和特征蛋白质的成熟 …… 235
第四节　分子克隆 …… 236
一、外源 DNA 片段的获得 …… 236
二、载体的选择与改造 …… 236
三、分子克隆 …… 237
四、克隆的表达 …… 237
第十章　植物体内同化物的运输与分配 …… 239
第一节　植物体内同化物的运输系统 …… 239
一、短距离运输系统——胞内与胞间运输 …… 239
二、长距离运输系统——输导组织运输 …… 241
第二节　同化物运输机理 …… 242
一、同化物运输形式 …… 242
二、同化物运输方向 …… 243
三、同化物运输速率 …… 243
四、同化物运输机理 …… 244
第三节　植物体内同化物的分配 …… 248
一、代谢源与代谢库的概念 …… 248
二、源与库的相互关系 …… 248
三、同化物的分配规律 …… 250
第四节　影响同化物运输与分配的因素 …… 252
一、内在因素的影响 …… 252
二、环境因素的影响 …… 253
第十一章　植物生长物质和植物生长调节剂 …… 256
第一节　生长素类 …… 256
一、生长素的发现 …… 256
二、生长素在植物体内的分布与运输 …… 259
三、生长素的生物合成与降解 …… 261
四、生长素的生理作用与作用机理 …… 263
五、人工合成生长素类及其应用 …… 266
第二节　赤霉素类 …… 267
一、赤霉素的发现 …… 267

二、赤霉素的化学结构、分布及其在体内的运输 …… 268
三、赤霉素的生物合成与降解 …… 269
四、赤霉素的生理作用与作用机理 …… 271
第三节 细胞分裂素类 …… 273
一、细胞分裂素的发现与化学结构 …… 273
二、细胞分裂素的合成部位及体内运输 …… 275
三、细胞分裂素的生理作用及作用机理 …… 275
第四节 脱落酸 …… 277
一、脱落酸的发现与化学结构 …… 277
二、脱落酸的分布与体内运输 …… 278
三、脱落酸的生物合成与代谢 …… 279
四、脱落酸的生理作用及作用机理 …… 280
第五节 乙烯 …… 281
一、乙烯的发现及其分布 …… 281
二、乙烯的生物合成与代谢调节 …… 281
三、乙烯的生理作用及作用机理 …… 283
第六节 各种植物激素间的相互作用与协调 …… 285
一、植物激素间的比值对生理效应的影响 …… 285
二、植物激素间的对抗关系影响生理效应 …… 286
三、通过植物激素间的代谢调节植物的生长发育 …… 286
四、多种植物激素影响植物生长发育的顺序性 …… 286
第七节 植物生长调节剂 …… 287
第十二章 植物的生长和运动 …… 292
第一节 种子萌发 …… 292
一、种子萌发的外界条件 …… 292
二、影响种子萌发的内因 …… 296
第二节 植物的生长与环境 …… 301
一、细胞生长是植株生长的基础 …… 301
二、植物生长的周期性 …… 304
三、外界条件对生长的影响 …… 307
第三节 植物各部位生长的相关性及其调节 …… 311
一、地上部与地下部的生长相关性 …… 311
二、主茎与侧枝的生长相关性 …… 314
三、营养器官与生殖器官的生长相关性 …… 315
第四节 植物的分化与组织培养 …… 316
一、极性与再生作用 …… 316
二、分化、脱分化与再分化 …… 317
三、细胞全能性与组织培养 …… 318
第五节 植物的运动 …… 320
一、生长运动 …… 320
二、紧张性运动 …… 323
第十三章 植物的成花生理 …… 325

第一节　外界条件对花诱导的影响 …… 325
一、低温与花的发端 …… 325
二、光周期与花的发端 …… 329
第二节　花器官形成与性别分化 …… 341
一、花芽分化 …… 342
二、性别分化 …… 343
第十四章　生殖、衰老和脱落 …… 346
第一节　授粉和受精 …… 346
一、花粉的形成及其化学组成 …… 346
二、花粉的寿命和贮藏 …… 347
三、花粉的萌发和花粉管的生长 …… 347
四、花药培养 …… 349
五、授粉受精过程中的生理生化变化 …… 349
第二节　种子和果实的形成与成熟 …… 350
一、种子成熟时的生理生化变化 …… 350
二、外界条件对种子成熟过程和品质的影响 …… 353
三、果实生长发育与成熟时的生理生化变化 …… 354
第三节　衰老 …… 357
一、衰老与老化 …… 357
二、衰老时的生理生化变化 …… 359
三、衰老的调节 …… 360
第四节　脱落 …… 362
一、器官脱落 …… 362
二、激素与脱落的关系 …… 362
第十五章　逆境生理 …… 364
第一节　植物的抗寒性 …… 364
一、抗冷性 …… 364
二、抗冻性 …… 366
三、提高植物抗寒性的措施 …… 368
第二节　植物的抗旱性 …… 369
一、干旱对植物的伤害 …… 369
二、作物抗旱的生理基础 …… 370
三、提高作物抗旱性的途径 …… 372
第三节　植物的抗热性 …… 372
一、高温对植物的危害 …… 373
二、抗热性的生理基础 …… 374
第四节　植物的抗涝性 …… 375
一、水分过多的危害 …… 375
二、植物的抗涝性 …… 376
第五节　植物的抗盐性 …… 376
一、土壤盐分过多的危害 …… 376
二、植物的抗盐性 …… 377

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第六节　植物的抗病性 …… 378
一、植物感病后的生理生化变化 …… 378
二、抗病性的生理基础 …… 379
第七节　环境污染对植物的危害 …… 380
一、大气污染对植物的危害 …… 380
二、水和土壤污染对植物的危害 …… 382
三、植物在环境保护中的作用 …… 382

绪　论

一、植物生理与生物化学的内容与任务

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）则是研究生命现象的化学本质的科学，二者有着紧密的联系。地球上的生物（包括动物、植物和微生物）种类繁多，目前已知的物种已达200万种之多，但是构成这些生物的化学物质却基本相同。生命现象大致遵循和符合化学与物理的基本规律，然而，生命现象却复杂得多。

植物生命现象的重要特点之一是能够进行新陈代谢（metabolism）。植物体不断地从外界环境中摄取其生存所必需的营养物，诸如植物需要从土壤中吸收水分和矿质营养，要进行光合作用吸收空气中的 CO_2 和呼吸作用吸收氧气等。植物在适宜的条件下，有条不紊地进行种子萌发、营养器官的生长和运动、开花和受精和再形成新种子等生长与发育过程。植物从环境中吸取的营养物质，在体内进一步加工，并转化为本身的组分，这个过程称为同化作用（assimilation），同时，也将体内的物质进行氧化分解，并将分解产物排出体外，这过程称异化作用（dissimilation）。随着植物的生长发育进程，不断地发生同化作用与异化作用，统称之为新陈代谢过程。代谢变化均是在体内特有的生物催化剂——酶的催化下进行的生物化学反应。

植物还有一个突出的特征是它可以利用叶绿体中的色素选择吸收太阳的辐射能并将其转换为化学能，与此同时将 CO_2 和水合成为有机物，就是光合作用。光合作用是地球上一切生物的有机物和化学能的根本源泉。

植物与其生存的环境条件有着不可分割的联系。植物生命活动受环境的调节与控制，它对环境的反应也正象一个自动调节器，例如，植物进行的多种生命活动必需利用植物自身转换日光能为化学能来完成、需要经常从土壤中吸取水分和有选择地摄取矿物质并在代谢过程中“加工”等等。植物的这种错综复杂的自身调节功能蕴藏着非常灵巧的机理，科学家们正在努力探索其中的奥秘。

植物和其他生物一样，另一个特征是能进行自身复制，即进行繁殖以产生与该物种相同的后代，因此还具备传递遗传信息的机制。现已查明，核酸起着携带和传递信息的作用。核酸与蛋白质代谢正是本课程的重点内容之一。

另一方面，植物对地表、水域和大气的化学成分产生深刻的影响。占大气体积21%的氧气就是植物光合作用中释放出来的；植物的残留躯体参与了土壤的形成过程；豆科植物通过固氮微生物活动大大丰富了生物圈中流动和累积的总氮量；植物根部吸收矿质元素对岩石和水源中某些无机元素也起了聚集作用等。

在国民经济中，植物更是不可缺少的生活和生产的物质资源。在农林业生产中，人们获得的产品如：粮食、棉、麻、油料、糖类、茶、果蔬、药材、牧草以及各种木材等都是

绿色植物光合作用的产物；植物合成的次生代谢产物如植物碱、橡胶和鞣质等都是工业原料或药物有效成分；植物还为畜牧业和水产业提供了有机物质基础；水土保持和环境净化也与植物生长有密切关系。当认识了植物的生理生化过程及其本质，就可以合理地利用光、气、水和土等资源，发展农林业生产，更好地开发植物资源，保护和改造自然环境，为加快社会主义建设，实现我国四个现代化做贡献。

二、植物生理与生物化学的发展简史

远在植物生理学与生物化学未形成独立学科之前，劳动人民通过生产实践，对植物的生长发育已积累了丰富的感性认识。如我国首创了豆科植物与谷物的轮作法、“七九闷麦”以及酿酒、造醋、制酱和麦芽饴糖等的酿造技术。但漫长的封建社会使我国科学技术发展受到极大限制，劳动人民的生产知识和经验，不可能得到验证和理论概括。

在欧洲，要追溯到 17～18 世纪开始，有科学家用实验方法观察和验证植物的生命过程，如 17 世纪荷兰的 Van Helmont 的柳树技术试验、18 世纪的 Malpighi 的环割试验，先后探索和证明植物的土壤营养和空气营养问题；随后，英国的 Priestley 发现了光合作用、Scheele 发现了生物有机体的多种有机组成等。

学科的发展除随着生产力和其他基础学科的发展而发展外，也受各种思想体系的影响。从 17 世纪英国资产阶级革命到 19 世纪 70 年代资本主义形成和成熟阶段，在西欧广泛进行的资产阶级产业革命，形成了社会生产力的高潮，大大推动了学科的发展，如 19 世纪 de Saussure 正确地指出水参与光合作用和植物不能同化空气中的氮素、必须供给植物以硝酸盐作为氮源的论点。德国 Liebig 和法国的 Pasteur 的工作对当时科学界均有很大影响，前者描述了自然界存在的物质循环即动物依靠植物进行光合作用以合成其生存所需的有机物，而动物的排泄物及其死后的残骸经腐烂分解成简单化合物又可为植物利用。同时，植物除需要 CO_2 和水外，还需要从土壤中吸收养分，因此需要进行施肥，他的论点为农业化学奠定了基础。后者则对发酵有重要贡献。总之，从 19 世纪末至 20 世纪初，在生理生化领域中有三大发现，即酶、维生素和激素。1902 年 Abel 分离出肾上腺素并制成结晶后，19 世纪后期，著名生物学家达尔文根据植物的向性运动推测植物可能亦有激素存在，1926 年 Went 终于从燕麦胚芽鞘分离出生长素。这些发现无疑对植物生理生化的发展起了促进作用。本世纪 30 年代以后，由于实验技术不断改进，诸如同位素、电子显微镜、X 射线衍射、层析、电泳、超速离心等多种新的实验手段应用到植物生理生化研究中，人们得以深入探索在生活细胞内进行的复杂代谢过程，从整体水平逐渐深入到细胞、细胞器以至分子水平。在深入分析的基础上，又不断地进行综合研究，提出了细胞全能性、土壤—植物—大气连续系统等新概念。从 1920 年以后，植物生理生化的研究有了重大突破，如糖酵解、三羧酸循环、氧化磷酸化、磷酸戊糖途径、脂肪代谢和光合磷酸化等过程先后被阐明；50 年代以后，Watson 和 Crick 对核酸的双螺旋结构方面、Kendrew 和 Perutz 在蛋白质三维结构方面均有重大贡献。

不难看出，植物营养的研究导致了植物生理学的建立。溶液培养法在阐明植物对养分的要求方面曾起了决定性作用，并奠定了施用化肥的理论基础。近年来，无土栽培在世界各国受到广泛重视，已成为一种切实可行的农业生产手段。植物激素的发现和深入研究，

需要全本请访问 www.ertongbook.com