



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

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

责任编辑 张本云

中国农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)  
新华书店北京发行所发行 中国农业出版社印刷厂印刷

787 × 1092mm16开本 24.75印张 618千字

1995年10月第1版 1995年10月北京第1次印刷

印数 1—2,400册 定价 19.35元

ISBN 7-109-03357-0/Q·202

## 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系的任务，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它学科的关系	3
第一章 生命的分子基础	4
第一节 蛋白质	4
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

四、具有其它功能的分子片段 .....	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 .....	56
第四节 酶促反应的动力学 .....	57
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 .....	74
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、氮的同化	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 <sub>2</sub> 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
<b>第八章 有机物质的基础代谢 .....</b>	<b>181</b>
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、其它多糖的代谢 .....	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、基酸代谢间的联系 .....	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
<b>第九章 信息分子的复制与表达 .....</b>	<b>216</b>
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有序性 .....	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 .....	301
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 .....	311
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 授精和受精 .....	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、花粉培养 .....	349
五、授精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 .....	365
第一节 植物的抗寒性 .....	365
一、抗冷性 .....	365
二、抗冻性 .....	367
三、提高植物抗寒性的措施 .....	369
第二节 植物的抗旱性 .....	370
一、干旱对植物的伤害 .....	370
二、作物抗旱的生理基础 .....	371
三、提高作物抗旱性的途径 .....	373
第三节 植物的抗热性 .....	373
一、高温对植物的危害 .....	374
二、抗热性的生理基础 .....	375
第四节 植物的抗涝性 .....	376
一、水分过多的危害 .....	376
二、植物的抗涝性 .....	377
第五节 植物的抗盐性 .....	377
一、土壤盐分过多的危害 .....	377
二、植物的抗盐性 .....	378

第六节 植物的抗病性 .....	379
一、植物感病后的生理生化变化 .....	379
二、抗病性的生理基础 .....	380
第七节 环境污染对植物的危害 .....	381
一、大气污染对植物的危害 .....	381
二、水和土壤污染对植物的危害 .....	383
三、植物在环境保护中的作用 .....	383

## 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 $\text{CO}_2$ 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 $\text{CO}_2$ 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。

植物和其它生物一样,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它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浪潮，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<sub>2</sub>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，

导致并促进了多种多样的生长调节物质的人工合成，目前已广泛应用于农业生产。例如插条生根、防止器官脱落、打破休眠、延长贮藏、化学除草和人工催熟等；组织培养技术的应用和理论的研究，无论在实用上或是理论上都有很大价值，如细胞全能性理论的建立、单倍体植株和试管苗的培育都得到广泛应用。

随着环境科学和生态学的发展，植物生理生化研究也增加了新的内容和研究领域，包括电子计算机的应用、遥感遥测技术的研究、数学模拟的研究等。这些将在大规模调控植物的生长发育并加以改造利用方面起推动作用。植物生理生化学科的发展也将不仅使农业生产发生不可估量的变革，对工业的发展也会产生深刻的影响。

### 三、植物生理与生物化学与其它学科的关系

初期的植物生理生化着重研究外界条件对植物影响的一些表现变化，本世纪30—40年代生物化学的发展，促进了植物生理深入研究生命活动机理，60年代，由于分子生物学和分子遗传学的兴起，推动植物生理生化向分子水平和调控方向延伸，70年代由于生态生理的研究，植物生理化生的研究范围从微观又扩展到宏观。因此，今天的生理生化研究正在分子、细胞、器官和整体以及群体等四个不同水平上发展着，涉及面甚广，成为许多农林业专业知识必不可少的重要基础。

植物生理生化主要是以现代生物化学和物理化学的理论与方法研究高等植物生命现象，因此，本课程可为农、林、医等专业打基础。例如，遗传学、栽培学、耕作学、土壤肥科学以及细胞生物学、微生物学、植物病理学、植物化学保护甚至化学工业中的酿造、制糖、制革、食品工业等，都与本课程密切相关。

植物生命活动是一种高级物质运动形式的表现，并且它与外界环境紧密联系着，因此在学习这门课程时，不能用孤立、静止和片面的观点去认识和分析问题，要坚持辩证唯物主义的观点是很重要的。同时，植物生理生化是一门实验科学，重视在生产实践中的调查研究和实验室中人为控制条件下进行探索验证。当对个别生理生化过程进行分析后，进一步加以综合。此外，也还要有进化发展的观点来认识生命现象的各个方面，才能获得较完善的知识。

## 第一章 生命的分子基础

细胞是生命活动的基本单位，它是由种类繁多、功能各异的生物分子 (biomolecular) 所组成的。所有的生物分子归根结底都是来自环境中较简单的无机分子，如  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{N}_2$  等。这些无机分子经过细胞的同化作用，首先形成细胞结构成分的单体分子，分析比较各种细胞的单体分子，至少有 30 种单体是共有的，也是最基本的，这些分子被称为基本生物分子，其中包括 20 种氨基酸、5 种含氮的杂环化合物（嘌呤及嘧啶的衍生物）、2 种单糖（葡萄糖与核糖）、1 种脂肪酸（棕榈酸）、1 种多元醇（甘油）及 1 种胺类化合物（胆碱）。这些生物分子在细胞内可以相互转变，或者进一步通过特有的生化途径，转变为细胞中其它的生物分子。例如，当今在生物界已发现的氨基酸已达 100 多种，但都是组成蛋白质的 20 种氨基酸的衍生物，70 多种单糖都来源于葡萄糖。脂肪酸的种类也很多，不同的脂肪酸可由棕榈酸转变而来，其它的单体成分也都是由相应的基本生物分子转变而成。这些单体分子的分子量都相对较小，故又称生物小分子。生物小分子在细胞内可以进一步聚合成低聚物、乃至生物大分子。不同种类的大分子还可以彼此聚合形成超分

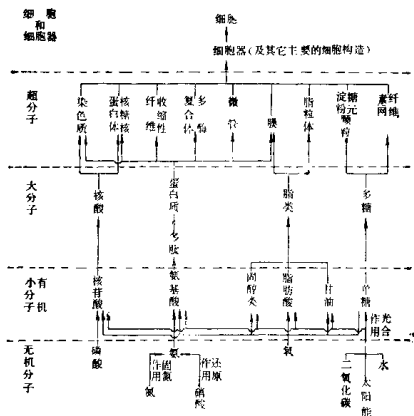


图 1-1 生命的分子基础



子复合物 (supermolecular complex)。这些化学组成都是形成细胞器和细胞的分子基础，其间的相互关系可用图 1-1 表示。

各种生物分子在细胞内的分布是非常有序的，它们特异地组成不同层次的结构。这些生物分子既是生命的组成，又是生命的产物，只有当组成了“细胞”这种特定的物质结构形式时，才能表现生命现象。因此，生命有其特殊的分子基础与组织基础。可以认为细胞是具有自我装配和自我复制的多生物分子系统，其中占主要地位的是蛋白质与核酸。只要有生命现象的表现，就有蛋白质与核酸的存在。早在 1878 年，恩格斯就指出“生命是蛋白质存在的形式”。他科学地预言了蛋白质与生命的关系。现代生物科学不仅证实并进一步发展了这个科学论断。当前，从分子水平来探讨细胞的生理生化功能和认识生命现象，对蛋白质与核酸的结构及其生物功能的研究显得格外重要，因为它们体现生命最重要的分子基础。

## 第一节 蛋白质

19 世纪中期，荷兰化学家 Gerardus Mulder 在研究动、植物细胞的化学组成时，发现有一类物质非常重要而又广泛存在，当缺少它，就不可能伴有生命现象。Mulder 将这种物质命名为蛋白质 (protein，来自希腊语 proteios，意“第一重要”)。随着蛋白质的研究进展，越加显示它在生命体系中的关键作用，蛋白质这一名词也就沿用至今。

自然界中的蛋白质种类很多。据估计，最简单的单细胞生物，如大肠杆菌，约含有 3000 种不同的蛋白质；整个生物界中存在的蛋白质种类约为  $10^{10}$  数量级。为了研究方便，需要对蛋白质进行分类。目的是按其内部规律找出其共同的特征来加以研究。从分子形式看，蛋白质有球状的和纤维状的两种类型。前者称球蛋白，后者称纤维蛋白。按蛋白质的化学组成进行分类，一般可分为两大类：一类是简单蛋白，它全是由  $\alpha$ -氨基酸组成，如清蛋白、球蛋白、谷蛋白、醇溶谷蛋白和组蛋白等；另一类是结合蛋白，这类蛋白除含  $\alpha$ -氨基酸外，尚含有核酸、脂类、糖、色素以及金属离子等，如核蛋白、脂蛋白、糖蛋白、色素蛋白及金属蛋白等。此外，还有按蛋白质的性质进行分类或按蛋白质所执行的生物功能进行分类的。但无论采用哪种分类方法，都存在某些不足之处。由于蛋白质的分子结构与功能有着内在联系并且还在陆续被发掘，这对研究蛋白质的结构、性质与功能之间的关系，增添了新内容和概括出更为普遍的内在规律。

### 一、氨基酸

蛋白质是由许多个  $\alpha$ -氨基酸通过肽键连接而成的生物大分子。可以说， $\alpha$ -氨基酸是蛋白质的结构单位。虽然，在植物体还发现有  $\beta$ -氨基酸和  $\gamma$ -氨基酸的存在，但它们并不是蛋白质的结构单位。自 1820 年 Braconnal 第一次在蛋白质的水解液中分离出甘氨酸之后，至今已组成蛋白质的  $\alpha$ -氨基酸共有 20 种。除脯氨酸外，所有的  $\alpha$ -氨基酸均可以如下通式表示：

