

内 容 简 介

本教材重点介绍了生物化学的基本理论及相关的实验和技能。主要内容有：生物有机体的化学组成、生物的新陈代谢、遗传信息的传递、四大生物分子之间的代谢联系及调控、实验和技能训练。除安排了常规的生化实验实训内容外，还加强了生化技能训练项目。如分光光度计的使用，定量滴定时标准曲线的绘制、层析、电泳以及微滴定等技术的操作。

本教材适用于全国农林各高等职业技术学院、农林大学成教院、高等农林专科学院和农林中专学校的高职班师生和相关层次的培训及自学。

21 世纪农业部高职高专规划教材

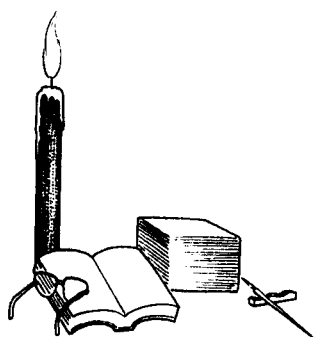
生物化学

曹正明 主编

农林类专业用

中国农业出版社

主 编 曹正明
编 者 曹正明 贾艳丽
胡洪禄 朱善元
张坐省



出版说明

CHUBANSHUOMING

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神，中国农业出版社受农业部委托，在广泛调查研究的基础上，组织有关专家在较短的时间内编写了第一批 21 世纪农业部高职高专规划教材。以后将根据各校有关专业的设置，陆续出版相关专业的教材。

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神，中国农业出版社受农业部委托，在广泛调查研究的基础上，组织有关专家在较短的时间内编写了第一批 21 世纪农业部高职高专规划教材。以后将根据各校有关专业的设置，陆续出版相关专业的教材。

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神，中国农业出版社受农业部委托，在广泛调查研究的基础上，组织有关专家在较短的时间内编写了第一批 21 世纪农业部高职高专规划教材。以后将根据各校有关专业的设置，陆续出版相关专业的教材。

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神，中国农业出版社受农业部委托，在广泛调查研究的基础上，组织有关专家在较短的时间内编写了第一批 21 世纪农业部高职高专规划教材。以后将根据各校有关专业的设置，陆续出版相关专业的教材。

高 职高专教育是我国高等教育的重要组成部分，近年来高职高专教育有很大的发展，为社会主义现代化建设事业培养了大批急需的各类专门人才。当前，高职高专教育成为社会关注的热点，面临大好的发展机遇。同时，经济、科技和社会发展也对高职高专人才培养提出了许多新的、更高的要求。但是，通过对部分高等农业职业技术学院、中等农业学校高职班教学和教材使用等情况的了解，目前农业高职高专教育教材短缺，已严重影响了当前教学的开展和教育改革工作。针对上述情况，并根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神，中国农业出版社受农业部委托，在广泛调查研究的基础上，组织有关专家在较短的时间内编写了第一批 21 世纪农业部高职高专规划教材。以后将根据各校有关专业的设置，陆续出版相关专业的教材。

此批教材的编写是按照教育部高职高专教材建设要求，紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才，即培养适应生产、建设、管理、服务第一线需要的，德、智、体、美全面发展的高等技术应用性专门人才。教材定位是：基础课程体现以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点；专业课加强针对性和实用性。相信

此批教材的出版将对培养高等技术应用性专门人才，提高劳动者素质，对建设社会主义精神文明，促进社会进步和经济发展起到重要的作用。

此批教材突出基础理论知识的应用和实践能力的培养，具有针对性和实用性。适用于全国农林各高等职业技术学院、农林大学成教学院、高等农林专科学校、农林中专学校的高职班师生和相关层次的培训及自学。

在此教材出版之际，对参与此批教材策划、主编、参编及审定工作的专家、老师以及支持教材编写的各高等职业技术学院、农业中专学校一并表示感谢！

中国农业出版社

2001年4月

编写说明

BIANXIESHUOMING

为适应新世纪高职高专教育发展的形势，根据人才市场的需求，突出高职高专教育的基本特征：即以培养高等技术应用性专门人才为根本任务；以适应社会需要为目标；以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案，我们精心组织编写了这本《生物化学》教材。本书力图内容精炼，重点突出，详略得当，概念清楚。在讲述基本理论的同时，加强并改进了实践教学环节，同时，力求反映本领域的新成果、新知识。

该教材主要以农、林、园艺、环保、生物等专业的学生为对象，对牧医、水产、卫生等其他领域的工作者均具有一定的参考价值，各专业可根据实际需要对标有“*”的内容选择使用。

本教材分为8章，并附有实验、技能训练内容。其中绪论，第7章蛋白质和核酸的生物合成，第8章物质代谢的相互联系及调控，由湖北黄冈职业技术学院曹正明编写；第1章核酸与蛋白质，第2章酶与维生素由河南省农业学校贾艳丽编写；第4章糖代谢，第5章脂类代谢由山东昌潍农校胡洪禄编写；第3章生物膜的结构与功能，第6章蛋白质降解与氨基酸代谢由朱善元编写；实验部分主要由张坐省编写。全书由曹正明统稿。在教材的编写过程



中，还得到了很多专家、同行及技术人员的帮助和支持，在此，编者对他们一并表示衷心的感谢！

生物化学是生命科学的基础。它的发展日新月异，更由于编者的水平限制及时间非常仓促，书中的错误及疏漏在所难免，敬请读者提出批评指正，以便今后修订。

编 者

2001年3月

目 录

出版说明
编写说明

绪 论	1
--------------	---

第 1 章 核酸和蛋白质	4
-----------------------	---

第一节 核酸	4
一、核酸的组成成分	5
二、DNA 的分子结构	10
三、RNA 的分子结构	12
四、核酸的性质	13
第二节 蛋白质	14
一、蛋白质的分子组成	14
二、蛋白质的分子结构	17
三、蛋白质的理化性质	21
四、蛋白质的分类	23
▶ 本章小结	23
▶ 复习思考题	25

第 2 章 酶与维生素	27
----------------------	----

第一节 酶的概念及特性	27
一、酶的概念	27
二、酶的特性	28



第二节 酶的分类和命名	28
一、酶的分类	28
二、酶的命名	29
第三节 酶的结构和催化功能	30
一、酶的组成	30
二、酶的必需基团和活性中心	30
三、酶原及酶原的激活	31
四、同工酶	32
第四节 酶的作用特点及影响因素	32
一、酶的作用特点	32
二、影响酶促反应速度的因素	33
第五节 维生素和辅酶	37
一、水溶性维生素	37
二、脂溶性维生素	43
▶本章小结	45
▶复习思考题	46

第3章 生物膜的结构与功能 48

第一节 细胞膜与胞内膜	48
一、生物膜的概念	48
二、细胞膜	48
三、细胞器	48
第二节 生物膜的化学组成和结构	49
一、生物膜的组成	49
二、生物膜的结构模型	50
第三节 生物膜的物质运送功能	51
一、穿膜运送	51
二、膜胞运送	53
▶本章小结	53
▶复习思考题	54

第4章 糖代谢 55

第一节 新陈代谢概述	55
一、新陈代谢的概念	55
二、能量的释放和转移	56
第二节 生物氧化	56



一、生物氧化的含义	56
二、生物氧化的特点	57
三、生物氧化的方式	57
四、生物氧化体系——呼吸链	57
五、ATP 的生成和利用	59
第三节 糖的分解代谢	60
一、糖的无氧分解（无氧氧化）	60
二、糖的有氧分解——TCA 循环	66
三、磷酸戊糖途径	69
第四节 糖的合成代谢	71
一、糖的合成过程	71
二、糖异生作用	73
* 三、光合作用	74
► 本章小结	77
► 复习思考题	79

第 5 章 脂类代谢 82

第一节 脂肪的分解代谢	82
一、脂肪的酶促水解	82
二、甘油的氧化	82
三、脂肪酸的氧化分解	83
四、乙醛酸循环	85
第二节 脂肪的生物合成	86
一、甘油的生物合成	86
二、脂肪酸的生物合成	87
三、三酰甘油的生物合成	89
第三节 类脂的代谢	90
一、甘油磷脂的降解与生物合成	90
二、糖脂的降解与生物合成	92
三、胆固醇的生物合成及转化	93
► 本章小结	94
► 复习思考题	95

第 6 章 蛋白质降解和氨基酸代谢 97

第一节 蛋白质的酶促降解	97
一、肽酶——肽链端切酶	98



二、蛋白酶——肽链内切酶	98
第二节 氨基酸的降解与转化	98
一、脱氨基作用	99
二、脱羧基作用	101
三、氨基酸分解产物的去路	102
第三节 氨基酸的生物合成	103
一、氮的参入	103
二、氨基酸的合成	103
►本章小结	107
►复习思考题	108

第7章 核酸和蛋白质的生物合成

109

第一节 DNA的生物合成	109
一、半保留复制	109
二、DNA的复制过程	110
三、逆转录	111
四、基因突变和DNA的损伤修复	112
第二节 RNA的生物合成	113
一、DNA指导下的RNA的合成	113
二、RNA的复制合成	115
第三节 基因工程简介	115
一、目的基因的制备	116
二、基因载体	116
三、DNA的重组	116
四、基因工程的应用与展望	117
第四节 蛋白质的生物合成	118
一、蛋白质合成体系的重要组分	118
二、蛋白质的合成过程	121
三、蛋白质合成后的到位	124
►本章小结	124
►复习思考题	125

第8章 物质代谢的相互联系及调控

127

第一节 物质代谢的相互联系	127
一、糖、脂类和蛋白质代谢的相互联系	127
二、核酸与糖、脂类、蛋白质代谢的相互关系	128



第二节 代谢调节	129
一、酶量的调节	130
二、酶分子的活性调节	130
三、代谢的区域化	132
▶ 本章小结	133
▶ 复习思考题	134
实 验	135
第一部分 基本技能	135
一、分光光度计的使用技术	135
二、标准曲线的绘制技术	136
三、微量滴定技术	137
四、层析技术	138
五、电泳技术	139
第二部分 实验内容	140
实验一 植物可溶性糖的测定	140
实验二 脂肪转化为糖的检验	141
实验三 核酸的定量测定(定磷法)	142
实验四 酶的特性实验	144
* 实验五 琥珀酸脱氢酶及其竞争性抑制	147
* 实验六 黄素蛋白酶的定性实验	148
实验七 维生素 C 的定量测定	149
实验八 氨基酸纸层析	151
实验九 血清蛋白醋酸纤维薄膜电泳	153
* 实验十 蛋白质含量的测定(双缩脲法)	155
实验十一 蛋白质等电点的测定	155
实验十二 酵母 RNA 的分离及组分鉴定	157
实验十三 DNA 的分离制备	158
主要参考文献	160

绪 论

一、生物化学的涵义

生物体的构造虽然复杂，但其基本组成元素（C、H、O、N、P）等与非生物没有区别，甚至组成生物体的基本物质蛋白质、核酸、糖类、脂类等，我们一样可以用化学的方法加以研究。当然，生命的运动有其特殊的规律，它既包括了化学的传统范畴，又不仅仅局限于化学本身。

总的来说，生物化学是关于生命的化学，它是以生物体为研究对象，运用化学的原理和方法，在分子水平上研究生命现象的化学本质的科学。

二、生物化学的内容

1. 生物体的化学组成

(1) 20 种氨基酸。氨基酸是组成所有蛋白质分子的单位，也参与许多其他结构物质和活性物质的组成。

(2) 5 种芳香族碱基。2 种嘌呤（腺嘌呤和鸟嘌呤）和 3 种嘧啶（胞嘧啶、尿嘧啶、胸腺嘧啶）分别参加核苷酸的组成。核苷酸是 DNA 和 RNA 分子的前体，也是核苷酸类的辅酶和高能磷酸化合物 ATP 等三磷酸核苷酸的前体。

(3) 2 种单糖。D-葡萄糖和 D-核糖。前者是植物光合作用的主要产物，也是多糖化合物的主要单体分子。D-核糖是核苷酸的组成成分。

(4) 脂肪酸、甘油和胆碱。它们是脂肪和类脂质的组成成分。类脂质中，磷脂分子是组建生物膜双层脂质的基本物质。

由以上单体分子或它们的衍生物为基本成分组成的糖、脂类、蛋白质、核酸以及对代谢起催化和调节作用的酶、维生素和激素，

通常被称为生物化学中的4大基本物质和3大活性物质。研究这些生物物质的结构、性质和功能的内容,称为静态生化。本书中第1至第3章就是属静态生化的内容(由于糖、脂类在有机化学中已讲过,本书中省略)。

2. 代谢的研究 新陈代谢是生命的基本特征。在生化中,关于代谢的内容称为动态生化。代谢是生物体与外界的物质交换过程,是活细胞进行的复杂的系列酶促反应过程,包括同化作用和异化作用。同化作用是生物体利用外来营养物质转化为自身有机物质的过程;异化作用则是生物机体中原有的有机物分解并转化为环境中物质的过程。其化学反应可分为氧化还原反应、基团转移反应、水解反应、裂解反应、异构反应和合成反应。

动态生化以代谢途径为中心,研究物质在细胞内的变化规律及其伴随发生的能量变化。本书的第4至第6章讲述了这方面的内容。

3. 遗传的分子基础及代谢调节 DNA是遗传信息的载体,通过DNA分子半保留复制,将遗传信息传递给子代细胞,再通过蛋白质生物合成,将生物的遗传性状表达出来。另外生物体内各种复杂的代谢能有条不紊地进行,它们既相互联系,又相互影响、相互转化,这主要取决于生物细胞甚至生物整体有着一套复杂的调节机制。

本书的第7、8章主要讨论了以上方面的内容。

4. 生化实验 生物化学是一门实验学科。生化理论本身就是通过实验研究发展起来的。本书最后除介绍了一些生化实验方法以外,还特地安排了如物质的定量测定技术(分光光度计测定法)、电泳技术以及层析技术等训练。

三、生物化学与其他学科的关系

生物化学是介乎生物学与化学的一门边缘学科,它与生物科学的许多分支学科均有密切关系。

首先,它与生理学是特别密切的姊妹学科。例如植物生理学,它是研究植物生命活动原理的一门科学。植物的生命活动包括许多方面,其中有机物代谢是重要的方面,这本身也属于生物化学的内容。

生物化学与遗传学也有密切关系。现已知核酸是一切生物遗传信息的载体,而遗传信息的表达,则是通过核酸所携带的遗传信息翻译为蛋白质来实现的,因此核酸和蛋白质的结构、功能与代谢,同时也是生物化学与遗传学的内容。生物化学还与微生物学、分类学等有着密切的关系。此外,食品科学、医药卫生及生态环境等科学,都需要生物化学作为基础。

四、生物化学的应用与发展

在农业生产中,运用生物化学的知识,可以阐明各种作物在不同栽培条件下的新陈代谢变化,了解产物的积累途径和控制方式,以达到优质、高产、低耗的目的。生物化学的理论,可以指导人们更深入地了解作物的品种特性,有目的地控制有利性状的传递。利用近代植物基因的克隆和表达研究的理论和实践,为人类有目的地改进和创造物种开辟了广阔的道路。生物化学与土壤农业化学有关。土壤微生物化学、土壤酶学和土壤营养元素的



研究,可以揭示土壤中有机成分的分解与转化,有助于提高土壤肥力和植物对养分的吸收利用。

生物化学的研究,也可以作为病虫害防治和植物保护的理论基础。此外,生物化学为阐明杀菌剂、杀虫剂、除草剂的毒性机理发挥作用,为提高药效,寻求新的低毒高效农药提供理论依据。

生物化学也是医药科学、营养科学及化学工业的基础,例如酿造、皮革、制糖、制药、食品工业等,都要应用生物化学的知识。

20 世纪 80 年代以来,新兴起的生物技术,作为新技术革命的优先发展领域,它主要包括基因工程、细胞工程、酶工程及发酵工程 4 大部分,有广阔的发展前景。首先采用生物技术的方法,可以改造物种,培育高产、优质、高抗逆性的转基因植物,并生产特殊的化学物质,这方面的研究将赋予作物栽培以全新的意义。此外,利用生物技术可以生产新型的药物、疫苗和诊断盒,对于疾病诊疗和维护人类的健康有十分重要的意义,可以发挥巨大的经济及社会效益。生物技术还可进行污水和废物处理。以上都需要生物化学的理论作指导。最近生物化学与电子学结合,又产生新的边缘科学——分子生物电子学,研究生物芯片和生物传感器,估计不久的将来,将对电子计算机的制造、生物模拟、医疗及理化测试各个方面,会有更大的突破。

五、学习生物化学应注意的问题

1. 建立起以生物功能为轴线的思维体系 非生物学科的学员尤其需要注意这一点。因为生物化学的理论体系是以生物功能为轴线建立起来的,不同于无机化学以元素周期体系为基础的理论体系;也不同于有机化学以官能团为基础的理论体系。从静态生化到动态生化都贯穿着生物功能这根轴线。静态生化中有些生化物质的概念就与有机化学的不同。关于分子结构与生物功能的关系更是生化重点讨论的内容。例如,维生素类化合物有 30 多种,它们的化学结构相差很大,可分别属于有机化学的醇、酸、酚、醌、醛、胺、苷等化合物。因为它们在体内都有调节代谢、维持生命的作用,故同归为一类,叫做维生素。生物化学中的脂类化合物,是泛指生物合成并能被生物体利用的所有溶于有机溶剂的化合物。其成员复杂,远远超出了有机化学中酯类的范围,却又不能包括有机化学中所有的酯类化合物。酶是蛋白质,却又从蛋白质化学中独立出来,以突出研究其结构、功能和作用机理。至于各种物质在细胞中的代谢变化,都有其特定的生物功能。学习研究反应过程和代谢变化规律,要理解正常代谢与生命现象的关系,还要理解正常与非正常代谢的关系。

2. 注意学习技巧 生化内容虽有静态和动态之分,但编排次序并没有固定的格式,无论怎样编排,前后内容都是平等的,但又互相联系,互相依存。前面的内容常常需要学到后面才能深入理解,学习后面的内容又离不开前面的知识。因此,学习方法上需要前挂后联,温故知新。根据经验,随学随消化,则越学越容易,否则,越学困难越大。经常复习,总结归纳,是很重要的方法。复习时要由纲到目,先粗后细,否则,会觉得内容多,零乱无序,没有系统。

3. 要充分利用实验课的机会 加深对生化理论知识的理解,学习实验研究方法,提高分析问题、解决问题和动手的能力。

第 1 章 核酸和蛋白质

核酸和蛋白质是一类复杂的含氮高分子有机化合物。早在 19 世纪末，恩格斯就指出“生命是蛋白质的存在方式”，科学地揭示了核酸和蛋白质与生命的关系。近代的研究充分证明核酸和蛋白质是生命的主要物质基础，从低等生物到人类，都以核酸和蛋白质为主要组成成分。

核酸和蛋白质不仅是生物体的主要组成成分，而且与生命活动有着十分密切的关系，具有重要的生物功能。例如，能催化体内化学反应的酶，对代谢起调节作用的某些激素，与遗传密切相关的核蛋白，以及能使细菌和病毒失去致病作用的抗体等都是蛋白质。生物所特有的生长、繁殖、遗传、变异等机能，都与核酸和蛋白质有密切关系。核酸和蛋白质在生物体内之所以能起这样重要的作用，与它们特有的分子结构和理化性质分不开。从分子水平上认识复杂的生命现象，必须要研究核酸和蛋白质这两类生物分子。

第一节	核 酸
-----	-----

核酸是一类十分重要的生物大分子。人们对核酸的研究已经有 130 多年的历史了。早在 1868 年，瑞士的一位科学家米歇尔 (F.Miescher) 从脓细胞的细胞核中分离出了一种有机物质，当时定名为核素。后来又发现它含磷很高，并且呈酸性，就改称核酸。以后证明任何有机体，包括病毒、细菌、动物及植物，无一例外地都含有核酸。

核酸按组成不同分为两类：一类是核糖核酸 (RNA)，主要存在于细胞质中 (少量存在于细胞核的核仁中)，它参与蛋白质的合成；另一类是脱氧核糖核酸 (DNA)，几乎全部集中在细胞核的染色体中 (少部分存在于线粒体以及植物的叶绿体中)，它是生物体

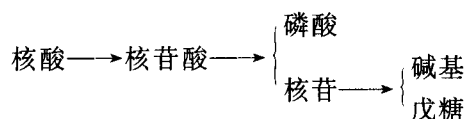
的信息源，能贮存、复制和传递遗传信息。

一、核酸的组成成分

1. 核酸的元素组成 经元素分析证明，核酸由碳、氢、氧、氮、磷 5 种元素组成，其中磷的含量在各种核酸中变化范围不大，大约占整个核酸重量的 9.5% 左右，即 1g 磷相当于 10.5g 核酸。因此在核酸的定量分析中可通过含磷量的测定来估算核酸的含量。

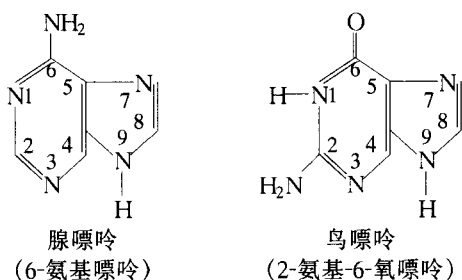
$$\text{核酸含量} = \text{含磷量} \times 10.5$$

2. 核酸的分子组成 核酸是由许多核苷酸缩合而成的高分子化合物。核苷酸是由核苷和磷酸缩合而成的。而核苷由碱基和戊糖组成。其组成关系表示如下：

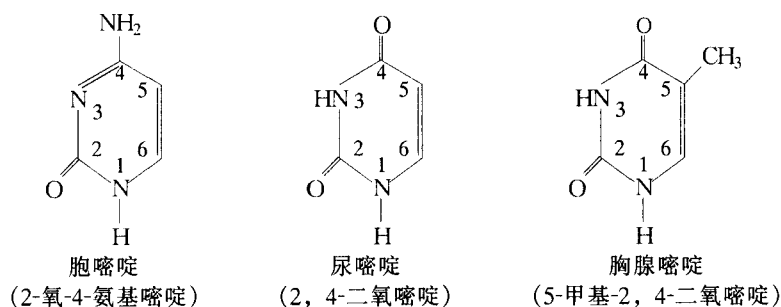


(1) 碱基。构成核酸的碱基有嘌呤碱和嘧啶碱两类，它们均为含氮的杂环化合物，因具有弱碱性，又称含氮碱。

① 嘌呤碱：在 RNA 和 DNA 中含相同的嘌呤碱，即腺嘌呤 (A) 和鸟嘌呤 (G)。其结构式如下：



② 嘧啶碱：在 RNA 和 DNA 中均含胞嘧啶 (C)，但另一种嘧啶碱是不同的，在 RNA 中含尿嘧啶 (U)，在 DNA 中含胸腺嘧啶 (T)。其结构式如下：



除以上 5 种基本碱基外，核酸分子中还有一些含量很少的其他碱基，称稀有碱基。这些稀有碱基有很多是甲基化碱基，如 5-甲基胞嘧啶、次黄嘌呤、二氢尿嘧啶等。结构式如下：