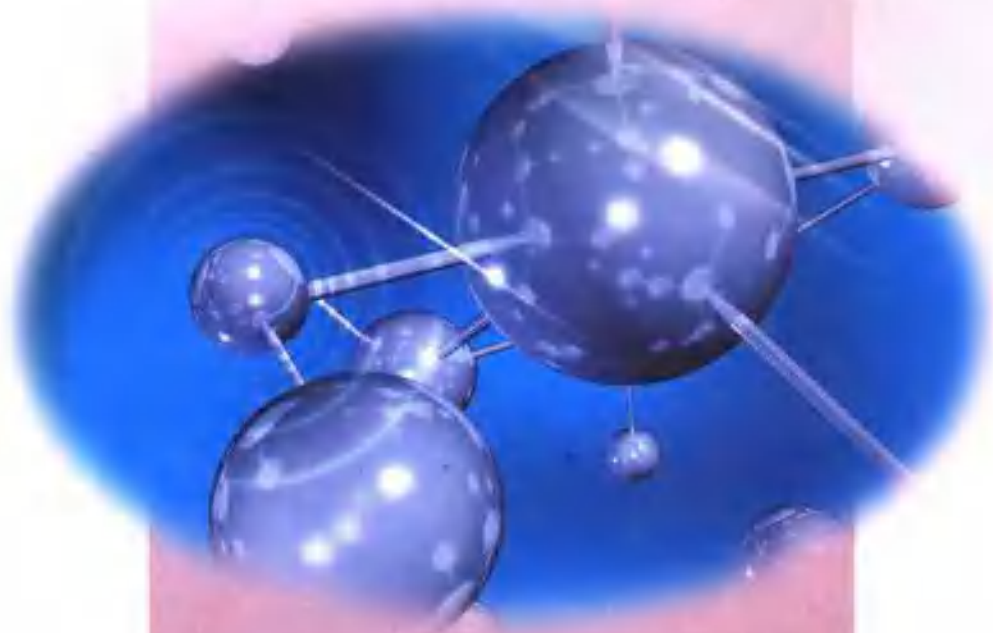


高等农业院校教材

基础生物化学

吕淑霞 任大明 唐咏 主编



中国农业出版社

高等农业院校教材

基础生物化学

吕淑霞 任大明 唐咏 主编

中国农业出版社

图书在版编目(CIP)数据

基础生物化学/吕淑霞,任大明,唐咏主编.—北京:
中国农业出版社,2003.7
高等农业院校教材
ISBN 7-109-08359-4

I.基... II.①吕...②任...③唐... III.生物化学-高等学校-教材 IV.Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 042482 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)

出版人:傅玉祥

责任编辑 李国忠

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月北京第 1 次印刷

开本:787mm×960mm 1/16 印张:27

字数:480 千字

定价:34.90 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

基础生物化学是高等农业院校的生物科学及农业科学各专业普遍开设的重要专业基础课程。本书主要介绍生物化学的基本理论,包括生命有机体内核酸、蛋白质、酶、糖类、脂类等生物大分子的结构、性质和功能;生物大分子前体的合成、分解代谢途径以及生物能量(ATP)的生成方式;遗传信息的储存、传递与表达。同时概要介绍生物化学的新进展。

本书是由多年主讲基础生物化学课程的教授、副教授和具有博士、硕士学位的中青年教师集体编写,简明扼要,篇幅适当,可供高等农业院校农业及生物科学各专业生物化学课程的教材或参考书,也可供其他院校有关专业或农业专科学校的师生参考。

主 编 吕淑霞 任大明 唐 咏

编写人员 (按姓氏笔画排序)

马 镛 任大明 吕淑霞 迟乃玉

陈红漫 钟 鸣 唐 咏 阚国仕

主 审 陈祖洁

前 言

生物化学是生物科学中最活跃的基础学科之一。工业、农业、医药、食品、能源、环境科学等越来越多的研究领域都以生物化学理论为依据,以其实验技术为手段。基础生物化学是高等农业院校的生物科学及农业科学各专业普遍开设的重要专业基础课程。打好坚实的生物化学基础,使学生对该学科的基本理论与基本研究技术的原理有较全面和清晰的理解,是学生对相关专业知识的学习和研究工作的共同需要。因此,根据全国高等农业院校农学类专业《基础生物化学教学大纲》的要求,我们组织在教学第一线多年从事基础生物化学理论与实验教学、具有丰富工作经验的教师编写了本书。在编写过程中,我们尽量实现教材内容的科学性、准确性、系统性和实用性的有机统一。该书可作高等农业院校农业及生物科学各专业的教材,也可供其他院校有关专业或农业专科学校的师生参考。

全书主要介绍生物化学的基本理论,包括生命有机体内核酸、蛋白质、酶、糖类、脂类等生物大分子的结构、性质和功能;生物大分子前体的合成、分解代谢途径以及生物能量(ATP)的生成方式;遗传信息的储存、传递与表达。同时对生物化学的新进展加以简要介绍。

本教材由吕淑霞、任大明、唐咏主编。参加编写的教师有:吕淑霞(第一、第五和第六章)、任大明(第八、第九和第十二章)、唐咏(第二章)、陈红漫(第七章)、迟乃玉(第十章)、阙国仕(第四章)、钟鸣(第三和第十章)、马辅(第十一章)。本教材承蒙资深教授陈祖洁先生审阅并提出宝贵意见,为提高本教材的编写质量提供坚实保障。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2003年3月

目 录

前言

第一章 绪 论	1
一、生物化学的概念、研究对象和内容.....	1
二、生物化学的发展简史.....	2
三、生物化学与其他学科的关系.....	4
四、生物化学的应用与发展前景.....	6
五、生物化学的学习方法.....	8
第二章 蛋白质	10
第一节 蛋白质的重要功能及元素组成	10
一、蛋白质的重要功能.....	10
二、蛋白质的元素组成.....	12
第二节 氨基酸	12
一、氨基酸的结构特点及分类.....	13
二、必需氨基酸.....	18
三、蛋白质的稀有氨基酸.....	18
四、非蛋白质氨基酸.....	19
五、氨基酸的性质.....	20
第三节 肽	28
一、肽键及肽链.....	28
二、肽的命名及结构.....	29
三、天然存在的活性寡肽.....	29
第四节 蛋白质的分子结构	31
一、蛋白质的一级结构.....	31

二、蛋白质的二级结构	37
三、超二级结构和结构域	44
四、蛋白质的三级结构	45
五、蛋白质的四级结构	49
第五节 蛋白质结构与功能的关系	50
一、蛋白质一级结构与功能的关系	51
二、蛋白质的空间结构与功能的关系	52
第六节 蛋白质的重要性质	55
一、蛋白质的两性性质和等电点	55
二、蛋白质的胶体性质与蛋白质的沉淀	55
三、蛋白质的变性与复性	57
四、蛋白质的颜色反应	58
第七节 蛋白质的分类	59
一、根据分子形状分类	59
二、根据化学组成分类	60
三、根据蛋白质的溶解度分类	60
第八节 蛋白质的分离纯化及分子质量测定	61
一、蛋白质分离纯化的一般原则	61
二、分离纯化蛋白质的一般程序	62
三、蛋白质分子质量的测定	66
第三章 核酸	70
第一节 概述	70
第二节 核酸的种类与分布	73
一、种类	73
二、分布	74
第三节 核酸的化学组成	75
一、碱基	76
二、戊糖	78
三、磷酸	78
四、核苷	79
五、核苷酸	80
六、细胞中的游离核苷酸及其衍生物	81
第四节 脱氧核糖核酸	82

一、DNA 的碱基组成	82
二、DNA 的一级结构	83
三、DNA 的空间结构	84
四、DNA 的三级结构	90
第五节 核糖核酸	93
RNA 的结构	93
第六节 核酸的理化性质与最常用的研究方法	99
一、一般物理性质	100
二、核酸的紫外吸收	100
三、核酸的沉降特性	101
四、核酸的两性解离及凝胶电泳	102
五、核酸的变性与复性	104
六、核酸的酸解、碱解与酶解	110
第七节 染色体结构	113
一、染色体	113
二、组蛋白	115
三、核小体	115
四、核小体包装的高级形式	116
五、细菌染色体 DNA 的高级形式	116
第四章 酶	119
第一节 酶是生物催化剂	119
一、酶的概念	120
二、酶的催化特点	121
三、酶的组成	122
四、酶的底物专一性	123
第二节 酶的命名与分类	125
一、酶的命名	125
二、酶的分类	126
三、酶的标码	128
第三节 影响酶促反应速度的因素——酶促反应动力学	128
一、酶促反应速度的测定	129
二、底物浓度对酶促反应速度的影响	129
三、酶浓度对酶促反应速度的影响	133

四、温度对酶促反应速度的影响	134
五、pH 对酶促反应速度的影响	135
六、激活剂对酶促反应速度的影响	136
七、抑制剂对酶促反应速度的影响	136
第四节 酶的作用机理	144
一、酶的活性中心	144
二、酶与底物分子的结合	145
三、影响酶催化效率的因素	148
第五节 变构酶、同工酶及诱导酶	152
一、变构酶	152
二、同工酶	155
三、诱导酶	157
第六节 维生素与辅酶	157
一、维生素的概念与分类	157
二、水溶性维生素	158
三、脂溶性维生素	170
第五章 糖类代谢	173
第一节 生物体内的糖类	173
一、单糖	173
二、双糖	177
三、多糖	177
第二节 双糖和多糖的酶促降解	179
一、双糖的酶促降解	179
二、淀粉的酶促降解	180
三、纤维素的酶促降解	183
第三节 糖酵解	184
一、糖酵解的过程	184
二、糖酵解产生的 ATP 与生物学意义	190
三、丙酮酸的去路	191
四、糖酵解的调控	193
第四节 三羧酸循环	194
一、丙酮酸的氧化脱羧	194
二、三羧酸循环的反应过程	197

三、三羧酸循环的能量计算	201
四、三羧酸循环的生物学意义	202
五、草酰乙酸的回补反应	203
六、三羧酸循环的调控	205
第五节 磷酸戊糖途径	206
一、磷酸戊糖途径的过程	206
二、磷酸戊糖途径的化学计量	211
三、磷酸戊糖途径的生物学意义	211
四、磷酸戊糖途径的调控	212
第六节 糖的生物合成	212
一、葡萄糖的异生作用	213
二、蔗糖的生物合成	217
三、淀粉的生物合成	218
四、糖原的生物合成	220
五、纤维素的生物合成	220
第六章 生物氧化与氧化磷酸化	222
第一节 生物氧化概述	222
一、生物氧化的概念、特点和方式	222
二、氧化还原电位及自由能	224
三、高能磷酸化合物	228
第二节 电子传递链	233
一、电子传递链的组成及其功能	233
二、电子传递链及其传递体的排列顺序	237
三、电子传递体复合物的组成	238
四、电子传递抑制剂	240
第三节 氧化磷酸化作用	241
一、氧化磷酸化的概念及类型	241
二、氧化磷酸化的细胞结构基础	242
三、氧化磷酸化的偶联部位和 P/O 比	244
四、氧化磷酸化的作用机理	246
五、氧化磷酸化的解偶联剂和抑制剂	249
六、线粒体的穿梭系统	251
七、能荷	254

第四节 其他末端氧化酶系统	255
一、多酚氧化酶系统	255
二、抗坏血酸氧化酶系统	256
三、细胞色素 P ₄₅₀ 系统	257
四、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶系统	258
五、植物抗氰氧化酶系统	259
第七章 脂类代谢	261
第一节 脂肪的降解	262
一、脂肪的酶促降解	262
二、甘油的降解与转化	263
三、脂肪酸的氧化分解	263
四、乙醛酸循环	273
第二节 脂肪的生物合成	274
一、甘油的生物合成	274
二、饱和脂肪酸的从头合成	274
三、三酰甘油的生物合成	283
第三节 甘油磷脂的降解与生物合成	284
一、甘油磷脂的降解	284
二、甘油磷脂的生物合成	286
第八章 蛋白质降解和氨基酸代谢	289
第一节 蛋白质的酶促降解	289
一、蛋白酶	290
二、肽酶	290
第二节 氨基酸的降解与转化	291
一、脱氨基作用	292
二、脱羧基作用	295
三、氨基酸分解产物的去向	298
第三节 氨基酸的生物合成	301
一、生物固氮	302
二、硝酸还原作用	305
三、氨的同化	306
四、氨基酸的生物合成	308

第九章 核酸降解和核苷酸代谢	318
第一节 核酸的酶促降解	318
一、核酸外切酶	319
二、核酸内切酶	319
第二节 核苷酸的酶促降解	320
一、核苷酸的降解	320
二、嘌呤的降解	321
三、嘧啶的降解	323
第三节 核苷酸的生物合成	324
一、嘌呤核苷酸的生物合成	324
二、嘧啶核苷酸的生物合成	328
三、脱氧核糖核苷酸的生物合成	329
四、核苷三磷酸的生物合成	331
第十章 核酸的生物合成	333
第一节 DNA 的生物合成	334
一、半保留复制	334
二、逆转录	347
三、DNA 突变	348
四、DNA 损伤与修复	348
第二节 RNA 的生物合成	354
一、DNA 的转录	354
二、转录后加工	358
三、RNA 的复制	360
第三节 基因工程简介	361
一、基因工程的概念	361
二、基因工程的操作技术	361
三、DNA 的固相合成	366
四、PCR 技术	368
五、基因工程的应用与展望	369
第十一章 蛋白质的生物合成	371
第一节 蛋白质合成体系的重要组分	372

一、mRNA 与遗传密码	372
二、tRNA	378
三、rRNA 与核糖体	379
四、辅助因子	382
第二节 蛋白质的生物合成过程	383
一、氨基酸的活化	383
二、肽链合成的起始	385
三、肽链的延伸	388
四、肽链合成的终止与释放	390
五、多核糖体	391
六、真核细胞蛋白质的生物合成	392
七、肽链合成后的加工与折叠	394
第十二章 代谢调节	399
第一节 代谢途径的相互联系	399
一、糖类代谢与脂类代谢的相互联系	399
二、糖类代谢与蛋白质代谢的相互联系	400
三、脂类代谢与蛋白质代谢的相互联系	400
四、核酸代谢与糖类、脂类和蛋白质代谢的相互联系	401
第二节 代谢的调节	402
一、酶水平的调节	403
二、细胞区域化的调节	414
三、能荷对代谢的调节	414

第一章 绪 论

一、生物化学的概念、研究对象和内容

生物化学(biochemistry)是运用化学的原理和方法研究生物有机体化学组成和生命过程中化学变化规律的科学。简言之,生物化学就是研究生命活动的化学本质。生物化学的研究对象是生物体,包括动物、植物和微生物。生物化学研究的主要内容包括静态生物化学和动态生物化学。

静态生物化学是研究生物体的化学物质组成,以及它们的结构、性质和功能。地球上种类繁多的各种生物体,无论是微生物、植物、动物还是人,都具有相似的基本化学组成:即碳、氢、氧、氮、磷、硫以及少数其他微量化学元素,这些元素组合构成生物体的水分、无机盐离子和含碳有机化合物。其中的有机化合物主要包括核酸、蛋白质、糖类和脂类等,由于这些有机化合物分子质量很大,因此称为生物大分子(biological macromolecule)。此外,生物体还含有可溶性糖、有机酸、维生素、激素、生物碱和天然肽类等多种物质。这些物质在不同生物体中的种类和含量不同。

生物体中最重要的生物大分子是核酸和蛋白质。核酸是遗传信息的携带者和传递者,它通过控制蛋白质的生物合成决定细胞的类型和功能。而蛋白质是细胞结构的主要组成成分,也是细胞功能的主要体现者。本书第二章和第三章讨论蛋白质和核酸这两类最重要的生物大分子的结构、性质和生理功能。

动态生物化学是研究组成生物体的化学物质在生物体内进行的分解与合成,相互转化与制约以及物质转化过程中伴随的能量转换等问题。

生物体最显著的基本特征就是能够进行繁殖和新陈代谢(metabolism)。生物体要从周围环境摄取营养物质和能量,通过体内一系列化学变化,合成自身的组成物质,这个过程称为同化作用(assimilation)。同时,生物体内原有的物质,又经过一系列的化学变化,最终分解为不能利用的废物和热量,排出体外到周围环境中去,这个过程称为异化作用(dissimilation)。通过这种分解与合成过程,

使生物体的组成物质得到不断的更新,这就是生物体的新陈代谢。新陈代谢是生命活动的物质基础和推动力。生物体的所有生命现象,包括生长、发育、遗传、变异等,都建立在生物体进行的从不停止的新陈代谢基础之上;在这些变化中,生物体内特殊的生物催化剂——酶起着决定性的作用。本书第四章讨论酶和辅酶的结构、性质和作用机理。在生物体内各类物质都有其各自的分解和合成途径,而且各种途径的速率总是能恰到好处地满足机体的需要,并且各种途径之间互不干扰,互相配合,彼此协调,互相转化,这说明生物体内有高度精密的自动调节控制系统。本书第五章、第七章、第八章和第九章讨论生物体内主要物质代谢过程;第十二章讨论生物体内代谢过程的调节形式和机理。

在生物体新陈代谢的物质转化同时伴随着能量转化。所有生物体内的最初能量来源是太阳的辐射能。以绿色植物为主的光合生物通过光合作用捕获太阳能,并将太阳能转变为化学能贮存在以碳水化合物为主的有机物中。但生命活动所需的能量并非直接来自光合色素所吸收的太阳能,而是通过生物氧化分解有机物而获得。糖类是细胞结构物质和贮藏物质,既是合成其他生物分子的碳源,又是生物界进行代谢活动的主要能源;脂类是生物膜的重要结构成分,可防止热量散发并且提供生物体需要的能量。本书第五章、第六章和第七章通过讨论生物体内糖类、脂类的降解和生物氧化过程,介绍生物体内化学能的转化。

除了物质代谢和能量代谢以外,信息代谢也是生物化学研究的核心内容。生命现象得以延续不断地进行,就在于生命体能够自我复制。一方面,生命体可以进行繁殖以产生相同的后代。另一方面,多细胞生物在细胞分裂过程中也维持了相似的基本组成。生命体可以在细胞间和世代间保证准确的信息复制和信息传递。核酸是通传信息的携带者,生物体内遗传信息传递的主要途径是由DNA的复制和RNA的转录以及蛋白质的生物合成构成的。本书第十章和第十一章讨论这方面的内容。

二、生物化学的发展简史

生物化学是18世纪70年代以后,伴随着近代化学和生理学的发展,开始逐步形成的一门独立的新兴边缘学科,至今只有200多年历史。但生物化学知识的积累和应用,却可追溯到远古时代。人类在长期的生产活动和社会实践中,积累了许多有关农牧业生产、食品加工和医药方面的宝贵知识与经验。公元前21世纪,我国人民就利用曲造酒,实际上就是用曲中的酶将谷物中糖类物质转化为酒。公元4世纪,已知道地方性甲状腺肿可用含碘的海带、紫菜、海藻等海产品

防治。公元7世纪,已经知道用猪肝治疗夜盲症。夜盲症是由于缺乏维生素A引起的,而猪肝富含维生素A。

1785年法国著名化学家Lavoisier证明,动物呼吸是体内缓慢和不发光的燃烧。在呼吸过程中,吸进的氧气被消耗,呼出的是二氧化碳,同时放出热能,在呼吸过程中有氧化作用。这是生物氧化与能量代谢研究的开端。

19世纪,德国科学家Liebig在1840年出版的《有机化学在农业和生理学中的应用》一书中详细地阐述了自然界存在的物质循环,阐明了动物、植物和微生物在物质和能量方面相互依赖和循环的关系;法国著名微生物学家Pasteur对乳酸发酵和酒精发酵进行了深入的研究,指出发酵是由微生物所引起的,为发酵和呼吸的生物化学理论奠定了基础。

19世纪末至20世纪初,生物化学领域有三个重大发现,即酶、维生素和激素。Buchner于1897年证明破碎酵母细胞的抽提液仍能使糖发酵,引进了生物催化剂的概念。这是用无细胞提取液的高体方法研究动态生物化学的开始,为以后对糖的分解代谢机制的研究以及酶学研究打下基础。随后人们对很多酶进行了分离提纯。1926年,Sumner首次将脲酶制成结晶,并证明酶的化学本质是蛋白质。20世纪初,人们确认脚气病和坏血病是由于缺乏某种微量营养物质引起的。Funk在1911年结晶出抗神经炎维生素,实际是复合维生素B,并提出vitamine(维他命)一词,意为“生命的胺”。后来发现许多维生素并非胺类化合物,因此,又改为vitamin(维生素)。1902年,Abel分离出肾上腺素并制成结晶。1905年,Starling提出hormone(激素)一词。1926年,Went从燕麦胚芽鞘分离出植物激素——生长素。酶、维生素和激素的研究极大地丰富了生物化学的知识,促进了生物化学的发展,确立了生物化学作为生命科学重要基础的地位。

20世纪30年代以后,随着实验技术和分析鉴定手段不断更替与完善,生物化学进入了动态生物化学发展时期,在研究生物体的新陈代谢及其调控机制方面取得了重大进展。在1940年前后,基本上阐明了各类生物大分子的主要代谢途径: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。如德国生物化学家Emden、Meyerhof和Parnas阐明了糖酵解反应途径;英国生物化学家Krebs证明了尿素循环和三羧酸循环;美国生物化学家Lipmann发现了ATP在能量传递循环中的中心作用;美国人Calvin和Benson证明了光合碳代谢途径。另外,对代谢词控机制也有了更多的了解。

从20世纪50年代开始,生物化学以更快的速度发展,创造了许多先进技术和方法。其中同位素、电子显微镜、X-射线衍射、层析、电泳、超速离心等技术手段应用于生物化学研究中,使人们可以从整体水平逐步深入到细胞水平、细胞器