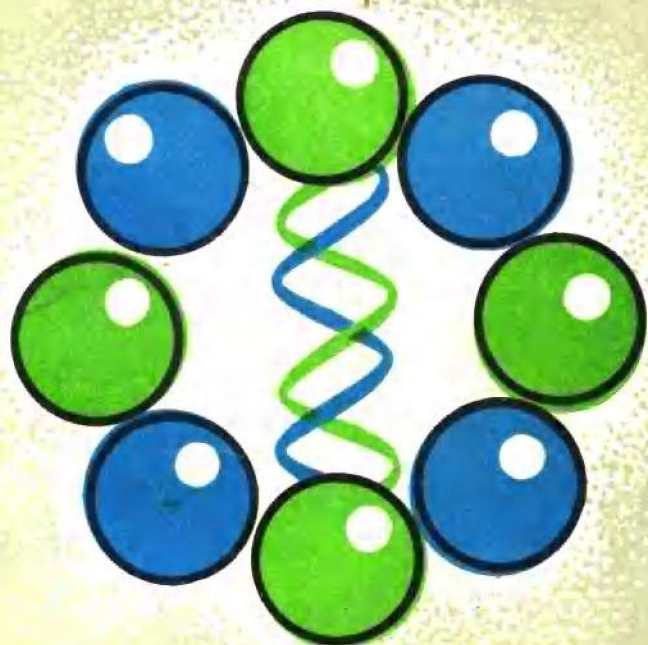


生物工程丛书



生物化学基础

周润琦 陈石根 李致勋 编著

化学工业出版社

Q5
LRR

生物工程丛书

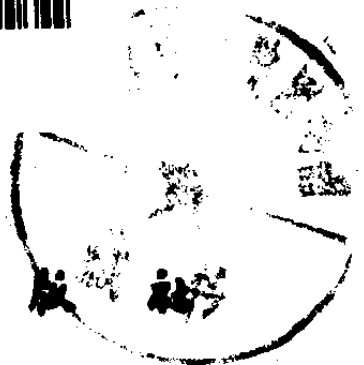
生物化学基础

周润琦 陈石根 李致勋 编著



A0013708

化学工业出版社



(京) 新登字039号

内 容 提 要

本书系《生物工程丛书》之一。书中系统地介绍了生物化学的基础理论、基础知识和基础的研究方法,并在此基础上展现了现代生物化学的概貌及近年来新的进展,在叙述上简明扼要,为读者能很好地了解生物化学这方面的知识将起到较大的作用。

生 物 工 程 丛 书
生 物 化 学 基 础
周润琦 陈石根 李致勋 编著

责任编辑:尹建国

封面设计:季玉芳

化学工业出版社出版

(北京朝阳区惠新里8号)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本787×1092 1/32 印张23 1/2 插页2 字数538千字

1992年12月第1版 1992年12月北京第1次印刷

印 数 1—2000

ISBN 7-5025-1020-6/Q·7

定 价 16.70 元

《生物工程丛书》编辑委员会

主任 焦瑞身 (中国科学院上海植物生理研究所)

委员 (按姓氏笔划排列)

李载平 (中国科学院上海生物化学研究所)

李致勋 (复旦大学遗传学研究所)

陈驹声 (上海科技大学生物工程系)

俞俊棠 (华东化工学院生化工程研究所)

熊振平 (上海医药工业研究院)

前 言

当前，以生物工程（生物技术）、微电子、新材料、新能源、海洋工程和空间技术等为主要内容的新技术革命浪潮、正在以万钧之势席卷世界各国，迅猛发展。在新技术革命中，生物工程又是各国优先发展的领域，它不仅在近期内能提供新的产业，且为解决人类社会所面临的许多重大问题，如人口和食物，能源和资源，环境和保健等问题发挥重要作用，展示美好的前景。

生物工程的发展将对各国的经济发展带来重大的影响。例如经济发达国家，正在致力于可再生能源（生物物质）利用，企图代替石油进口，这将减少对石油能源的依赖。又如各国利用固定化菌体或固定化酶大规模生产高果糖浆代替蔗糖，使世界市场糖的价格大幅度下降。再如巴西，开展以酒精代替石油的十年计划，到目前为止，全国汽车所需燃料的43%已使用酒精，而且，由于发酵法制酒精这项生物工程的发展，为巴西创造了500万人新就业机会。显然，对巴西人民生活和国家经济发展起到引人注目的作用。

我国从“六五”计划期间就把生物工程作为重点发展的新技术之一，而且在许多方面已经取得可喜的进展，“七五”计划的规模更加宏大。随着各项计划的落实，生物工程将在医药、农业、工业、食品等方面开拓新的领域，创造巨大的社会效益和经济效益，为国民经济开辟新的原料途径，甚至导致新的产业结构。例如应用农副产品，生物物质代替矿产资源等。

我国幅员广大，具有丰富的生物资源，这是发展生物工程基本条件之一。毫无疑问生物工程的发展将为我国十亿人民的物质生活和四化建设大业发挥巨大作用。

为了推动我国生物工程的发展，以具有一定科技知识的读者为主要对象，出版一套全面介绍生物工程的丛书是十分必要的。《生物工程丛书》的目的就是配合这一需要，介绍当代国内外生物工程几个活跃领域的情况，既深入浅出地介绍基础知识和近期的应用，也展示今后的发展方向。当代生物工程一般分为微生物工程、酶工程、细胞工程和基因工程，本丛书均有专册分别予以介绍。为了使读者概括了解当代生物工程的内容，专有一册《生物工程概论》以飧读者。

再者，生物工程是一个知识和技术密集的技术科学，它的基础学科是微生物学、生物化学、遗传学以及生化工程等。因此，我们又邀请有经验的专家编写了《微生物学基础》，《生物化学基础》和《生化工程基础》，作为学习生物工程的入门，希望对读者了解生物工程各个方面是有益的。

本丛书是编辑部邀请国内活跃在生物工程各个领域的专家编写，他们或从事科研，或进行实际生产，都是在百忙之中进行写作，大家的共同愿望是希望这套丛书对有志于从事生物工程工作的读者有所裨益，为我国生物工程的发展出一份力。

焦瑞身

一九八六年

编 者 的 话

分子生物学和生物工程（学）是两门新兴的学科，它们无论对基础理论研究，还是生产实践都将产生巨大的影响，并和新的技术革命紧密相关，因此受到人们的普遍关注，一股开展分子生物学和生物工程学学习与研究的热潮正在兴起。生物化学是这两门学科的重要基础。为了适应新产业革命势头的到来，许多准备投身这一领域的学生、教师和有关科技人员需要一本较为系统、较为深入的生物化学参考书，本书编写的目的就是希望能满足这一要求。

本书系统地介绍了生物化学的基础理论、基础知识和基础的研究方法，并在此基础上力图展现现代生物化学的概貌，反映近年来的新进展。在叙述上力求简明扼要，以点带面，突出重点，并配以适当的图表，以期将问题讲清楚，能为读者提供一幅清晰图画。

生物化学发展非常迅速，本书虽力图将现代生物化学成就充实进去，但限于作者水平，可能消化不透、理解不深，希望专家、读者指正。

周润琦 陈石根 李致勋

1990.8.于复旦大学

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生命的分子基础	1
一、生物的化学组成	1
二、新陈代谢	4
第二节 生物化学和生产实践	6
一、生物化学制品的应用	6
二、生化分析和生化技术的应用	7
三、“生化知识”的应用	7
第三节 生物化学的发展	8
参考文献	11
第二章 蛋白质	13
第一节 氨基酸的化学	13
一、氨基酸的种类	13
二、氨基酸的一般性质	17
三、氨基酸的分析与分离	31
四、氨基酸在生产实践中的应用及其生产	33
第二节 多肽的化学	35
一、多肽的一般性质	36
二、肽的结构分析	36
三、肽的合成	40
四、某些具有生理活性的小肽	43
第三节 蛋白质的化学	44
一、蛋白质的结构和构象	45
二、蛋白质的性质	64
三、蛋白质的检定和纯化	72
四、蛋白质的生物功能与应用	88
参考文献	111

第三章 核酸	114
第一节 碱基、核苷和核苷酸	114
一、结构	115
二、性质	119
三、碱基、核苷和核苷酸的分析与分离	126
第二节 核酸的结构和性质	126
一、DNA	126
二、RNA	144
三、核酸和蛋白质的络合物	154
第三节 核酸的分析和分离	161
一、核酸的分析	161
二、核酸的分离	170
第四节 核酸的人工合成	173
一、核酸的化学合成	173
二、核酸的酶促合成	181
三、核酸人工合成的意义	182
第五节 核酸的生物学功能	185
一、DNA的生物学功能	185
二、RNA的生物学功能	188
参考文献	192
第四章 糖类和脂类物质	196
第一节 糖的结构、性质和功能	196
一、单糖及其衍生物	196
二、寡糖及多糖	206
三、糖类物质的分离和分析	227
第二节 脂类物质	231
一、脂肪酸	232
二、酰基甘油脂	235
三、磷脂物质	237

四、鞘脂类	242
五、前列腺素及相关物质	244
六、萜类	245
七、甾类	246
第三节 糖类和脂类的衍生物	250
一、糖蛋白	250
二、糖脂	252
三、脂蛋白	253
第四节 生物膜	254
一、生物膜的组成和结构	255
二、膜的生物学功能	261
参考文献	266
第五章 酶	269
第一节 酶是生物催化剂	269
第二节 酶的种类	273
一、酶的分类命名原则	274
二、各类酶的主要特征及某些重要的酶与辅酶	275
三、酶的多形性与同工酶	289
第三节 酶在生产实践中的作用	292
一、酶制剂的应用	292
二、酶分析的应用	296
三、酶生物学知识的应用	300
第四节 酶与基础理论的关系	303
一、酶和现代化学	304
二、酶与分子生物学	304
第五节 酶的(发酵)生产、纯化与制剂	305
一、酶的来源	305
二、酶的发酵生产	306
三、酶的分离纯化	312

四、固定化酶	318
五、酶的改造与模拟	333
第六节 酶反应动力学规律及其应用	335
一、酶（促）反应基础动力学	335
二、各种因素对酶反应动力学的影响	349
三、酶分析	365
四、酶反应器	377
第七节 酶的作用原理	378
一、酶的催化原理	378
二、酶作用的调节原理	392
第八节 酶在细胞中的分布和酶的生物学功能	406
一、酶在细胞中的分布	406
二、酶在生物体内的功能	409
三、酶和代谢调节	411
四、酶生物学知识的应用	412
参考文献	414
第六章 维生素与激素	418
第一节 维生素	418
一、维生素的分类和命名	419
二、水溶性维生素	420
三、脂溶性维生素	434
第二节 激素	443
一、激素的化学组成和分类	443
二、各类激素的特点	443
三、激素间的相互关系	471
四、激素作用机制	472
第三节 维生素、激素和新陈代谢	495
一、新陈代谢	495
二、维生素和新陈代谢	496

三、激素和新陈代谢	496
参考文献	497
第七章 能量和相关物质的代谢	501
第一节 糖的分解与ATP合成	501
一、ATP是生物体内能量转换的主要形式	501
二、酵解 (glycolysis)	503
三、三羧酸循环 (Tricarboxylic Acid Cycle, TCA循环)	508
四、电子传递与氧化磷酸化	514
五、葡萄糖氧化分解与ATP合成	536
六、多糖的分解	539
七、磷酸戊糖途径 (pentose phosphate pathway)	540
第二节 糖异生作用和多糖合成	542
一、糖异生作用	542
二、多糖的合成	545
三、其它单糖的代谢	547
第三节 脂类物质的代谢	548
一、脂肪、脂肪酸的分解代谢	548
二、脂肪酸、脂肪的合成	555
三、磷脂的代谢	562
四、胆固醇类物质的代谢	565
第四节 光合作用 (photosynthesis)	571
一、光合作用包含两种交替的反应	572
二、叶绿体 (chloroplast) 和光合色素	573
三、光反应、光合磷酸化和光反应机制	577
四、暗反应	585
参考文献	591
第八章 核酸、蛋白质的复制合成及某些相关问题	595
第一节 氨基酸代谢	595
一、氨基酸的来源和生物合成	595

二、氨基酸的生物合成	600
三、氨基酸的分解	621
第二节 含氮碱基及核苷酸的代谢	629
一、碱基和核苷酸的来源与生物合成	629
二、核苷酸的分解代谢	641
第三节 核酸、蛋白质复制合成的相互关系	644
第四节 核酸的复制与转录	645
一、DNA的复制	645
二、RNA的复制	656
三、反向转录	660
四、转录	664
五、核酸生物合成抑制剂	679
第五节 蛋白质的生物合成	684
一、遗传密码	684
二、蛋白质生物合成机器——核糖体	687
三、蛋白质的翻译合成	689
四、蛋白质的翻译后加工	699
五、蛋白质生物合成的调节	702
第六节 基因工程	704
一、基因工程是一门新兴的生物工程技术学科	704
二、体外基因重组	705
三、转化、增殖和表达	708
第七节 蛋白质工程	715
一、蛋白质工程是从基因入手改造蛋白质的技术学科	715
二、X射线晶体衍射分析技术发挥着极重要的作用	716
三、定点突变	717

第一章 绪 论

生物化学是研究生物机体的化学组成、结构、性质及生命活动过程化学变化规律的科学，其最终目的是要阐明生命的化学本质，并利用这些知识去控制生物、改造生物、改造自然，为人类服务。

本章讨论以下几个问题：生命的分子基础、生物化学与生产实践的关系、生物化学的发展历史和现状。

第一节 生命的分子基础

在地球上存在着150万种以上的生物，从参天的大树到显微镜下才能看到的细菌、病毒，从天上翱翔的飞鸟到水中嬉戏的游鱼，种类繁多、性态各异，但是作为生物，它们有一些共同的地方，这就是它们都有生命，都有共同的分子基础。

一、生物的化学组成

几乎所有的生物，甚至包括最微小的病毒，它们都包含着核酸和蛋白质这两种最基本的化学组成成分，其中核酸（DNA和RNA）对生物起着决定性的作用，它规定着生物的特性和发展方向。蛋白质则是最活跃的因素，参与各种生命活动过程，例如酶负责生物体内进行的一切化学反应的催化，激素起着信号分子的作用，调节代谢过程和其它相关的生物效应，免疫球蛋白执行着保卫的职能。

除了这两类最基本的生命物质外，大多数生物还包含糖类

和脂类物质，它们不仅作为能源的贮藏形式，也在其它生理过程中发挥着重要作用，例如参与生物膜的组成，介入细胞间、分子间的识别。

大多数生物还包含水、盐、维生素、核苷酸、氨基酸、葡萄糖和脂肪酸等小分子物质。水、盐和体内的酸碱、离子及渗透压平衡有关；维生素是许多酶的辅助因子，葡萄糖是主要能源形式；至于核苷酸、氨基酸等，它们被称为“构件分子”，是构建大分子的砖块。在生物体内，已知的核苷酸主要有4种，氨基酸约20种，它们分别以不同种类，不同数目、不同的排列顺序组成相应的核酸分子和蛋白质分子。在构建这些大分子的过程中，它们一方面分别为核酸、蛋白质提供携带遗传信息的基因片段和生理功能的活性片段，另一方面又为这些大分子准备了特定的构象，例如DNA的双螺旋结构，tRNA的三叶草结构和酶分子的活性中心。构象，特别是特定的构象，对于这些生命大分子来说有着极为重要的意义，它们是实现相应的生命功能的基础和保证。

构建起来的核酸、蛋白质分子，它们彼此间还可以进一步作用形成更高级的复合物，例如蛋白质和DNA结合形成的染色质，蛋白质和RNA形成的核糖体。如果说，从构建分子到生命大分子，在功能上来了一次跳跃，那么，这种复合物的形成又产生了一次跳跃。例如在染色质中基因的复制与表达可以得到更精确的控制；又例如核糖体的建成为蛋白质的翻译提供了有效的机器。

通常细胞被认为是生物最小的形态单位。细胞不是一个均一的体系，其间包含着多种亚细胞结构（或者说细胞器），蛋白质、核酸这些生命大分子在其中的分布也不是随机的，而是按照一定规律或者集中于某一细胞器，或者附着、或者嵌合于磷

脂双层质膜上，例如呼吸链和氧化磷酸化体系的组成成分就是严格地按照一定规律排布在线粒体的内膜上，这样既保证了细胞器的分工，也保证了生理活动得以高效地进行。类似地，这些生命大分子在不同细胞中、在不同生物中的分布也不是完全相同的，这样导致了各种专门化器官组织的形成和生物的分化。

根据以上事实可以看出，尽管生物多种多样，尽管生物有着复杂的多层次结构，但是它们都有共同的分子基础，这就是核酸和蛋白质两类基本的生命大分子。核酸、蛋白质分别由核苷酸、氨基酸等构件分子组成，它们本身又不断发展形成更高级的结构，保证生命活动高效地进行，推动生物的进化和分化。

图1-1列举了某些生物物质的大小，它能给这些物质“进化”提供一个量的概念。可见生命大分子和它们的复合物都在光学显微镜分辨范围以下，因此必须通过电子显微镜、X射线衍射分析技术等才能加以分辨。

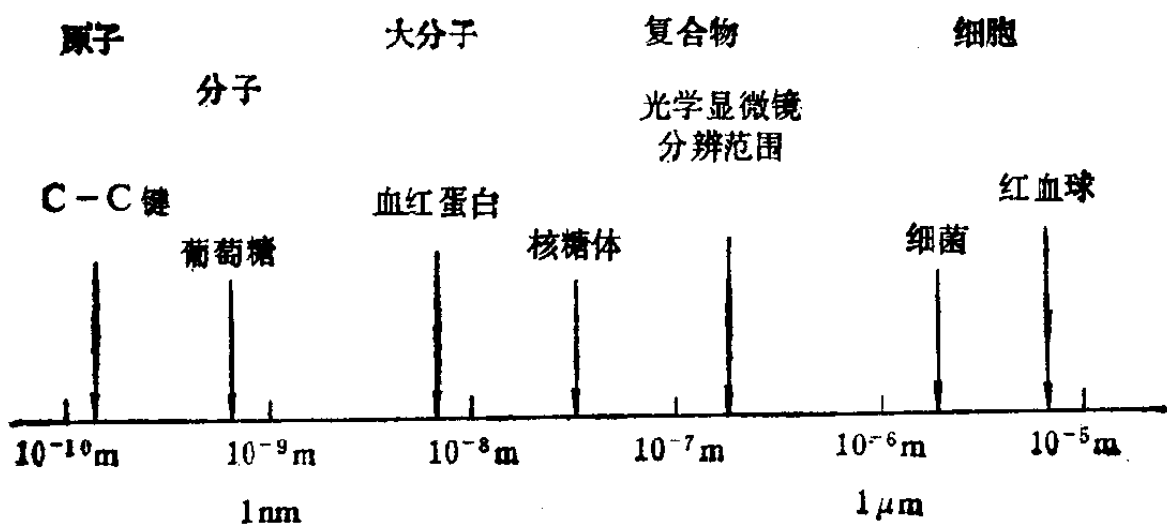


图 1-1 各种生物物质大小 (长度) 分布范围

二、新 陈 代 谢

生物不仅需要核酸、蛋白质作为生命的物质基础，另一方面还必须不断地从外界环境中吸取营养，排出废物，进行物质和能量的交换，进行物质的新陈代谢。如果说，新陈代谢是宇宙间的普遍规律，那么它在无机界起的作用是破坏，而对生物有机体来说，却是生命存在的必要条件。生物只有通过新陈代谢，才能生长发育，遗传变异，才有感应运动，才能适应外界条件的变化作出相应的应答，才会有生物界形形色色的性态。

“生物的这种物质交换如果停止，生命也就随之而停止”。

新陈代谢要通过大量的化学反应才得以实现，这些化学反应相互联系、协同制约地组成一条条代谢途径，一张张代谢网络。生物体内所有的代谢反应都是酶催化下进行的，酶强有力的催化和高度的作用专一性是新陈代谢能够高速度、有条不紊地进行的基本保证。除了代谢反应，其它生理机能反应也都有酶参与催化。酶的高催化效率足以满足这些过程的需要。图1-2列举了某些生物学过程进行的速度。值得指出的是，某些酶反应也可发生在微秒级水平上。

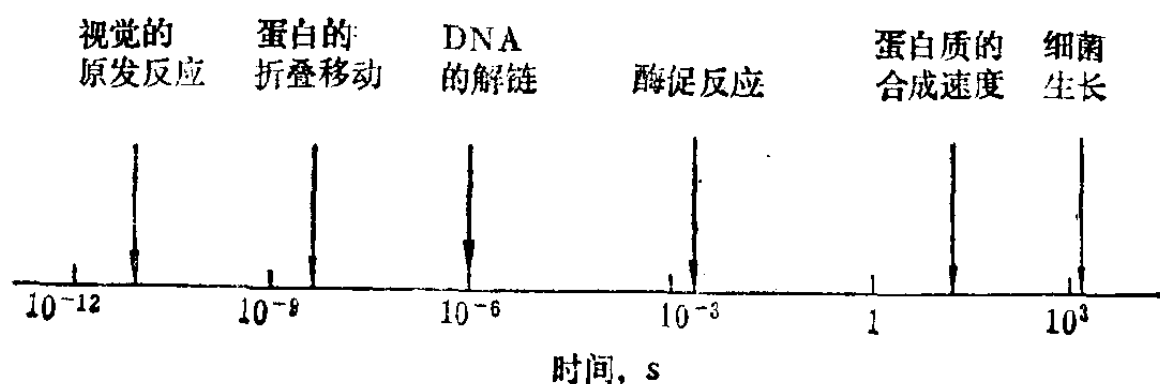


图 1-2 某些生物学过程进行的速度