

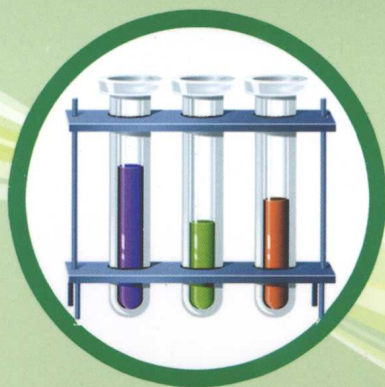


全国高等职业教育“十二五”规划教材

动物生物

李生其 尚宝来 主编

化学



 中国农业出版社



中华人民共和国教育部“十一五”普通高等教育

动物生物

化学

化学



高等教育出版社

全国高等职业教育“十二五”规划教材

动物生物化学

李生其 尚宝来 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

动物生物化学 / 李生其, 尚宝来主编. —北京:
中国农业出版社, 2010. 8
全国高等职业教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-109-14680-8

I. ①动… II. ①李…②尚… III. ①动物学: 生物
化学-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 145611 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 100125)

策划编辑 徐 芳

文字编辑 崇 霞

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

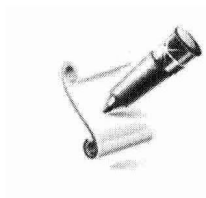
2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15

字数: 359 千字

定价: 27.80 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



编审人员名单

主 编 李生其 尚宝来

副主编 段晓琴 曹风云 刘 伟

编 者 (以姓氏笔画为序)

王帅兵 刘 伟 李生其

张书汁 尚宝来 段晓琴

曹风云 葛 鑫 董 滢

审 稿 葛竹兴

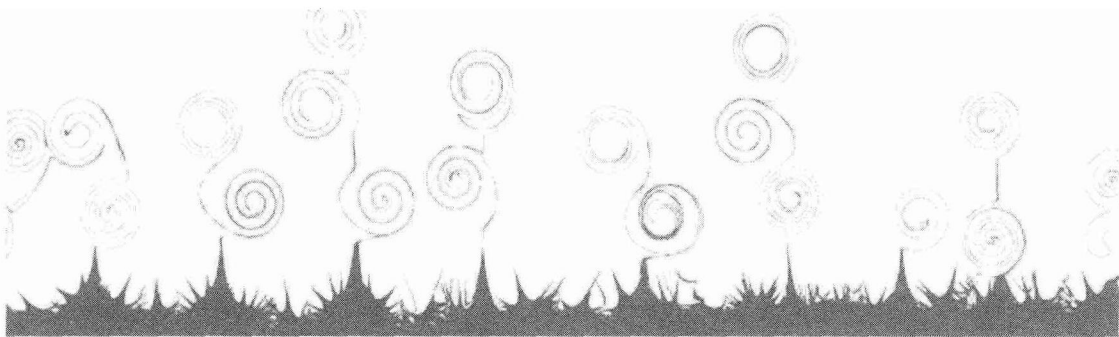
前 言

动物生物化学是畜牧兽医类专业一门重要的基础课，它不仅与许多学科交叉渗透，而且发展迅速，随着新知识、新技术的不断深化，已成为诸多学科的基础和支柱。尤其是分子生物学，由于其发展速度之快，被看做是生命科学跨入 21 世纪的领头学科。动物生物化学内容的深度和广度均在逐年加大，然而畜牧兽医类专业学生的学时有限，这就需要不断地更新教材内容。

本教材是根据全国高等职业教育“十二五”规划教材编写会议精神，以能力教育为基本出发点，以应用为目的，以必需够用为度的原则组织编写的。在教材编写过程中，我们尽可能地既顾及动物生物化学学科长期积累所形成的知识结构体系，同时又能突出畜牧兽医专业类的特点，对基本理论、基础知识、复习题、实践技能训练等注重联系实际，以提高本教材的科学性、先进性、启发性和适应性，使教材在一定程度上体现本学科的新知识和新技术，能更好地适应当前畜牧业快速发展的需要。

本教材由李生其担任第一主编，并编写绪论、第一章、第十二章、第十三章、技能训练实验六、实验七、实验十七的内容；尚宝来担任第二主编，编写第五章、技能训练实验十的内容；段晓琴编写第二章、第三章、技能训练实验三、实验四、实验五、实验八、实验九、实验十一的内容；葛鑫编写第四章的内容；刘伟编写第六章、第七章、实践技能训练实验十二、实验十三、实验十四、实验十五、实验十六的内容；张书汁编写第八章、第九章、技能训练实验十八的内容；曹凤云编写第十章、第十一章的内容；王帅兵编写第十四章、第十五章的内容；董滢编写附录、技能训练实验一、实验二的内容。全书由李生其统稿，由葛竹兴教授审定。在教材编写过程中，收到了许多兄弟院校老师提出的宝贵意见和建议，并得到了编者院校老师的大力支持，同时参阅并应用了相关书籍的图表，在此表示感谢。

由于编写水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请广大师生和读者给予批评和指正。



目 录

前言

绪论	1
第一章 核酸的结构与功能	4
第一节 概述	4
第二节 核酸的化学组成	4
第三节 核酸的分子结构	8
第四节 核酸的理化性质	14
复习题	15
第二章 蛋白质的结构与功能	16
第一节 蛋白质功能概述	16
第二节 蛋白质的分子组成	16
第三节 蛋白质的基本组成单位—— α -氨基酸	17
第四节 蛋白质的分子结构	20
第五节 蛋白质结构与功能的关系	24
第六节 蛋白质的重要性质	25
复习题	28
第三章 酶与维生素	30
第一节 酶的概述	30
第二节 酶的催化作用	32
第三节 酶的分子结构与功能的关系	35
第四节 影响酶促反应速率的因素	37
第五节 酶与动物生产实践的关系	41
第六节 维生素与辅酶	42
复习题	48
第四章 生物氧化	49
第一节 概述	49
第二节 生物氧化中二氧化碳的生成	50

第三节 线粒体生物氧化体系	51
第四节 生物氧化中能量的生成与利用	54
第五节 线粒体外的生物氧化体系	57
复习题	58
第五章 糖代谢	59
第一节 多糖、二糖的降解	59
第二节 葡萄糖的分解代谢	61
第三节 糖的合成代谢	72
第四节 糖代谢各途径的联系及血糖	75
复习题	76
第六章 脂类代谢	78
第一节 概述	78
第二节 脂肪的分解代谢	81
第三节 脂肪的合成代谢	86
第四节 类脂的代谢	88
复习题	92
第七章 蛋白质的酶促降解与氨基酸代谢	93
第一节 概述	93
第二节 氨基酸的一般代谢	95
第三节 个别氨基酸的代谢	102
复习题	109
第八章 核酸的酶促降解及核苷酸代谢	110
第一节 核酸的酶促降解	110
第二节 核苷酸的分解代谢	111
第三节 核苷酸的合成代谢	112
复习题	118
第九章 核酸的生物合成	119
第一节 DNA 的生物合成	119
第二节 RNA 的生物合成	125
复习题	129
第十章 蛋白质的生物合成	130
第一节 RNA 在蛋白质生物合成中的作用	130
第二节 蛋白质的生物合成过程	133
第三节 多肽链合成后的加工修饰	135

第四节	真核生物基因表达的调控	136
第五节	蛋白质工程	138
第六节	现代分子生物学技术简介	138
复习题		139
第十一章	物质代谢的相互联系与调节	141
第一节	常见代谢途径及其相互影响	141
第二节	细胞水平的代谢调节	143
第三节	激素水平的调节	145
第四节	神经水平的调节	146
复习题		146
第十二章	水和无机盐代谢	147
第一节	体液	147
第二节	水平衡	149
第三节	无机盐代谢	150
第四节	钙、磷代谢	153
第五节	微量元素	157
复习题		158
第十三章	血液生物化学	159
第一节	血液的化学成分	159
第二节	血浆蛋白质	159
第三节	红细胞代谢	161
复习题		164
第十四章	某些组织和器官的生物化学	165
第一节	肝脏的生物化学	165
第二节	大脑的生物化学	169
复习题		172
第十五章	乳和蛋的生物化学	173
第一节	乳的生物化学	173
第二节	蛋的生物化学	175
复习题		178
实践技能训练指导		179
技能训练一	蛋白质与氨基酸的呈色反应	179
技能训练二	茚三酮显色法测定氨基酸含量	181
技能训练三	蛋白质的两性性质和等电点测定	182

技能训练四	蛋白质的沉淀及变性实验	184
技能训练五	双缩脲法测定蛋白质含量	186
技能训练六	动物组织中核酸的提取与鉴定	187
技能训练七	核酸的定量测定(定磷法)	191
技能训练八	影响酶活性的因素	193
技能训练九	维生素 C 的定量测定——2,6-二氯酚靛酚滴定法	196
技能训练十	血糖含量的测定	199
技能训练十一	琥珀酸脱氢酶的定性实验及其竞争性抑制	201
技能训练十二	血清总脂的测定	202
技能训练十三	胆固醇的提取及鉴定	204
技能训练十四	酮体的生成和利用	205
技能训练十五	脂肪碘值的测定	207
技能训练十六	血清转氨酶活性的测定	209
技能训练十七	血清钙的测定	211
技能训练十八	血清蛋白醋酸纤维薄膜电泳	213
附录		216
附录一	实验基本操作及要求	216
附录二	实验室常用仪器的使用	221
附录三	实验记录与实验报告	225
附录四	常用缓冲液的配制	227
主要参考文献		228

绪 论

一、概 述

生物化学是运用化学的理论、方法和技术，从分子水平研究生命现象的一门科学。它以生物体为研究对象，研究生物体的物质组成、分子结构及其功能，生物体内物质代谢及其调控，生物体内遗传信息的传递等。总而言之，生物化学旨在探讨、阐明各种生命现象的化学本质，因此，生物化学即是生命的化学。动物生物化学是以动物为研究对象的生命的化学。

二、生物化学研究的主要内容

（一）生物大分子的结构和功能

生物体是由许多复杂的化学成分按其严格规律与方式组成的。组成生物体的化学成分包括无机物、小分子有机物和生物大分子。其中蛋白质、核酸、脂类与多糖等是生物体内特有的、具生命特征的生物大分子，其结构复杂，种类繁多，而且功能各异。其基本结构具有一定的规律性，都是由基本组成单位按一定顺序和方式连接形成。这些生物大分子是生物体内重要的组成成分，在生命活动中具有重要的生理功能。生物大分子的功能是由其结构决定的，结构是功能的基础，功能是结构的本质，其中最重要的物质是蛋白质和核酸。蛋白质的基本结构由其基本组成单位氨基酸通过肽键连接形成；核酸的基本结构是由其基本组成单位核苷酸通过磷酸二酯连接形成。不同的生命活动现象体现了蛋白质不同的功能，而核酸则指导着各种蛋白质的合成并将生命特征代代相传。因此，蛋白质和核酸是生命活动的物质基础。生物大分子是当今生物化学研究的重要内容之一，除了对其结构进行研究外，更重要的是研究其结构与功能的关系以及生物大分子之间的相互识别和相互作用。

（二）新陈代谢及其调控

新陈代谢是生物体生命活动的最基本特征，这是生物体与非生物体的重要区别，它包含着许多复杂而有规律的化学变化过程。新陈代谢包括合成代谢和分解代谢。生物体在生命活动中要从外界环境不断地摄取营养物质，如糖类、脂类、蛋白质、水、无机盐和维生素等，经消化吸收进入体内，然后经过一系列的化学变化将其转变为自身的组成成分，这个过程称为合成代谢，合成代谢保证了生物体的生长、发育、繁殖、修复和更新需要。与此同时，生物体又能将自身的组成成分分解，产生代谢废物经排泄器官排出体外，这个过程称为分解代谢，分解代

谢能够产生能量供给各种生命活动所需。生物体正常的物质代谢过程是正常生命过程的必要条件,物质代谢一旦停止,生命就会终止,如果物质代谢发生紊乱则可引起疾病。

物质代谢是成千上万个化学变化的总和,错综复杂。正常生物体内的物质代谢总是能够适应内外环境的变化,有条不紊地进行,这是因为机体有着很精细的调节控制系统能够对物质代谢进行调节和控制。该调控系统的功能主要是依靠酶、激素和神经的作用来实现的。

(三) 基因信息的传递与控制

生物体的另一个基本特征是进行自我复制并代代相传,这就是生物体的繁殖与遗传。DNA 是生物体遗传的主要物质基础,在 DNA 分子中储存着遗传信息,即基因。基因是 DNA 分子中具有生物学功能的片段,通过 DNA 的复制使遗传信息传代。在后代的个体发育过程中,遗传信息经过转录和翻译,使后代表现出与亲代相似的遗传性状,即由 DNA 的核苷酸顺序决定 mRNA 的核苷酸顺序,并表达出具有一定功能的蛋白质。

遗传信息从 DNA 到 RNA 到蛋白质的过程称为遗传的中心法则。生物体信息的传递与调控的研究对阐明遗传、变异、生化、分化等许多生命过程以及提示遗传性疾病、恶性肿瘤、心血管疾病、免疫系统疾病等发病机制具有重要的价值。在分子水平上研究疾病与基因或其表达产物的关系及有关药物的作用机制是当前生物化学研究的重要内容。

三、生物化学的发展

生物化学是一门较年轻的学科,直到 1903 年人们才首次应用“生物化学”这一名词,从而使其成为一门独立的学科。但其发展相当迅速,尤其是近 50 年来,生物化学在理论与技术上都获得了成就,并迅速渗透到生物学科各个领域。生物化学的发展大体可分为三个阶段。

(一) 静态生物化学

这一阶段从 19 世纪末到 20 世纪 30 年代,主要是对生物体各种组成成分进行分离、纯化、结构测定、合成及理化性质的研究。从古代劳动人民发明创造到法国著名化学家拉瓦锡阐明呼吸过程的本质及其与氧化作用的关系,再到法国化学家李比希提出酶的化学本质与生物化学的萌芽,这阶段的生物化学称为静态生物化学。在此阶段,我国生物化学家吴宪于 1931 年提出了蛋白质变性的概念。

(二) 动态生物化学

这一阶段在 20 世纪 30~50 年代,主要研究生物体内物质的变化,即代谢途径,所以称之为动态生物化学。这一时期科学家们相继明确了生物化学中物质代谢、能量代谢及维生素的作用。期间突出的成就是确定了糖酵解、三羧酸循环以及脂肪分解等重要分解代谢途径,对光合作用及三磷酸腺苷(ATP)在能量转换中的关键位置有了较深的认识。

(三) 机能生物化学

20 世纪 50 年代至今,由于新技术、新方法的创建与应用,生物化学进入突飞猛进的发

展阶段，已成为体系完整、内容丰富的新学科。

这一时期主要是研究生物大分子的结构、性质和功能以及它们与生理功能之间的关系，这标志着生物化学进入了机能生物化学的阶段。以上生物化学发展的三个阶段是人为划分的，也是生物化学发展的自然规律，不可分而论之。

人们认为，更具有里程碑意义的是，1953年沃森和克里克提出的DNA双螺旋结构模型，为研究遗传信息的传递规律奠定了基础。到20世纪末，整个生命科学领域研究的最大课题——人类“基因组”的解密，使生物化学出现了前所未有的进展。在破解“基因组”工作中，我国科研工作者承担了1%的工作，并且仅用一年的时间就完成了任务，可见我国已跻身于国际生物科学领域的前沿。为了揭开生命的奥秘，重组DNA技术的建立又促进了对基因表达调控机制的研究，而且使人们主动改造生物体成为可能，使基因产品，如生长因子、干扰素、人胰岛素等不断问世，并在临床应用。基因诊断与基因治疗也是重组DNA技术在生物科学领域应用的重要方面。总之，生物科学的快速发展，必将揭示生命本质，促进医药卫生及农业等高新技术产业的迅猛发展。

四、动物生物化学研究的意义

（一）与畜牧、兽医专业的关系

动物生物化学是畜牧、兽医类专业一门重要的基础课。学习动物生物化学及生物技术的基本原理是学好畜牧、兽医专业课程的保证。在畜牧方面，必须要了解动物体内生物化学物质的组成、物质与能量代谢及营养物质代谢相互影响、相互转化的规律，才能科学饲养动物、培育优良品种和改变、遗传特征等；在兽医方面，了解动物的正常物质和能量代谢规律、探讨疾病的病因、进行疾病诊断和治疗等，都需要生物化学的基本理论和技术。

（二）与其他专业的关系

动物生物化学是动物生命科学的基础。生物化学的理论与技术已经渗透到动物科学、动物医学的各个领域，奠定了动物饲养与繁殖和动物疾病的科学诊断与防治等方面的理论基础。现代生物化学的理论和实验技术已经作为通用的“语言”和有力的“工具”，被广泛用于生命科学的研究之中。它与动物生理学、动物营养学、动物遗传学、动物繁殖学、药理学、动物病理学、微生物学、免疫学、动物疾病诊断学等学科有着非常密切的联系。可见，学习和掌握生物化学的基础理论和基本实验技能，必将为学好专业课程奠定坚实的基础，对于做好动物生产和动物健康事业十分重要。

第一章

核酸的结构与功能

核酸是一切生物体所含有最重要生物大分子之一，是生物遗传的物质基础。1868 年，瑞士外科医生 F. Miescher 从脓细胞核中分离出一种含磷量较高的酸性化合物，这种化合物被称为核酸。核酸广泛存在于生物体中，对生物体的代谢、生长、繁殖、遗传等都具有重要的作用。

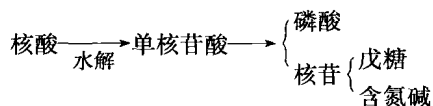
第一节 概 述

天然存在的核酸根据其分子所含戊糖的不同分为两类：一类为脱氧核糖核酸（DNA），另一类为核糖核酸（RNA）。98% 的 DNA 存在于细胞核中，2% 存在于线粒体中。90% 的 RNA 分布在胞液中，10% 存在于细胞核中。DNA 的主要生物学功能是储存遗传信息，具有复制功能，可以将其储存的遗传信息毫无保留地传给后代并且控制着生物特征的表达。通常所说的基因即为 DNA 分子的一个功能片段。生物细胞内的 RNA 根据其生物学功能的不同分为三种，即信使 RNA(mRNA)、转运 RNA(tRNA) 和核糖体 RNA(rRNA)。mRNA 是合成蛋白质的模板，tRNA 是蛋白质合成过程中转运氨基酸的工具，rRNA 与蛋白质结合成核糖体，作为蛋白质合成的场所。总而言之，RNA 的主要生物学功能是直接参与蛋白质合成过程。DNA 所储存的遗传信息必须通过各种 RNA 的相互作用才能得到表达。

第二节 核酸的化学组成

核酸由 C、H、O、N、P 等元素组成，其中磷的含量为 9%~10%。由于核酸分子中磷的含量比较稳定，故可通过测定磷的含量来估算核酸的含量。

核酸经酶、酸或碱水解后，产生多种单核苷酸，单核苷酸再经水解生成核苷和磷酸，核苷再进一步水解生成戊糖和含氮碱。



由此可见，核酸的基本单位是单核苷酸，而单核苷酸则由含氮碱、戊糖和磷酸 3 种成分连接而成。DNA 的基本组成单位是脱氧核糖核苷酸，RNA 的基本组成单位是核糖核苷酸，两类核酸的基本组成成分见表 1-1。

表 1-1 核酸的基本组成成分

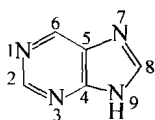
核酸组成成分	DNA	RNA
嘌呤碱	腺嘌呤、鸟嘌呤	腺嘌呤、鸟嘌呤
嘧啶碱	胞嘧啶、胸腺嘧啶	胞嘧啶、尿嘧啶
戊糖	β -D-2-脱氧核糖	β -D-核糖
磷酸	磷酸	磷酸

现将核酸的组成成分简述如下。

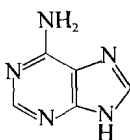
一、含氮碱

核酸分子中的含氮碱分为嘌呤碱和嘧啶碱两类。

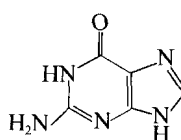
1. 嘌呤碱 嘌呤碱有腺嘌呤和鸟嘌呤两种，它们都是嘌呤的衍生物。



嘌呤

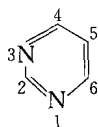


腺嘌呤 (A)

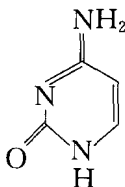


鸟嘌呤 (G)

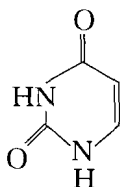
2. 嘧啶碱 嘧啶碱有胞嘧啶、尿嘧啶和胸腺嘧啶三种。它们都是嘧啶的衍生物。



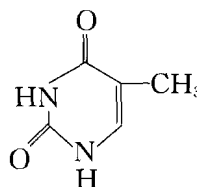
嘧啶



胞嘧啶 (C)



尿嘧啶 (U)



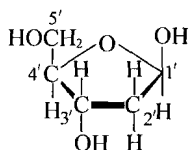
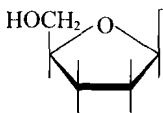
胸腺嘧啶 (T)

3. 稀有碱基 除上述几种主要碱基外，核酸分子中还含有少量其他碱基，称为稀有碱基。稀有碱基多是碱基经修饰而成的，常见的有 7-甲基鸟嘌呤、5-甲基胞嘧啶，5,6-二氢尿嘧啶等。

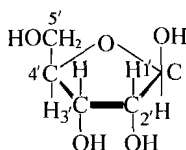
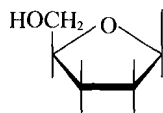
由于嘌呤碱和嘧啶碱都属芳香族杂环化合物，因此在紫外光 260 nm 波长处有最大吸收峰，利用这一性质对核酸可进行定性和定量测定。

二、戊糖

组成核酸的戊糖有两类，即核糖和脱氧核糖，它们均为 β -呋喃糖。DNA 分子中的戊糖为 β -D-2-脱氧核糖，RNA 分子中的戊糖为 β -D-核糖。

 β -D-2-脱氧核糖

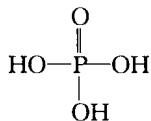
(简写式)

 β -D-核糖

(简写式)

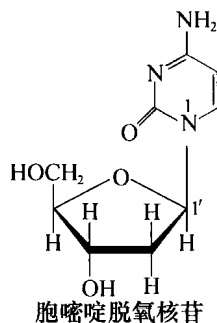
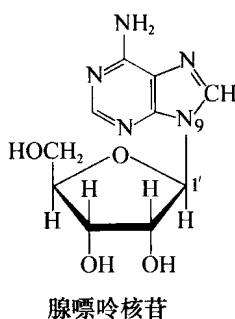
三、磷 酸

磷酸的结构为：



四、核酸的基本组成单位——单核苷酸

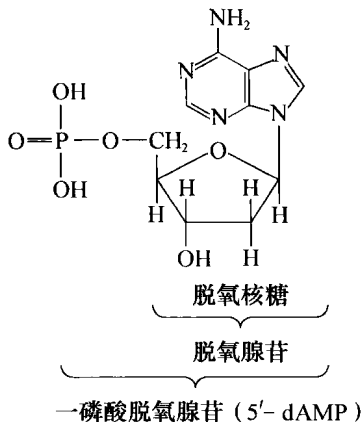
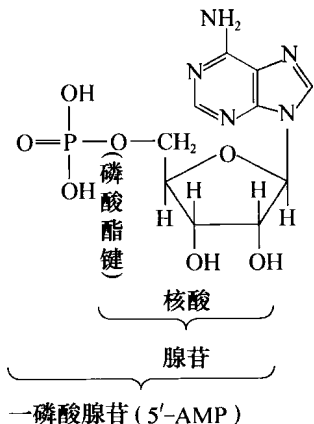
(一) 核苷



(二) 核苷酸

核苷与磷酸通过磷酸酯键相连形成的化合物称核苷酸。核苷酸可分为两大类，即核糖核苷酸和脱氧核糖核苷酸。核糖核苷的戊糖环上 2'、3'、5' 位上都有自由的羟基，都能与磷酸结合从而形成 3 种不同的核苷酸，分别称为 2'-核苷酸、3'-核苷酸和 5'-核苷酸。脱氧核糖核苷的戊糖环上只有 3' 和 5' 位上有自由羟基，因而只能生成 3'-脱氧核苷酸和 5'-脱氧核苷酸。生物体内存在的大多数是 5'-核苷酸。

核苷酸的结构以一磷酸腺苷和一磷酸脱氧腺苷为例剖析如下：



一磷酸腺苷、一磷酸鸟苷、一磷酸胞苷和一磷酸尿苷是构成 RNA 的基本结构单位。一磷酸脱氧腺苷、一磷酸脱氧鸟苷、一磷酸脱氧胞苷和一磷酸脱氧胸苷是构成 DNA 的基本结构单位。常见的两类核苷酸及其缩写符号见表 1-2。

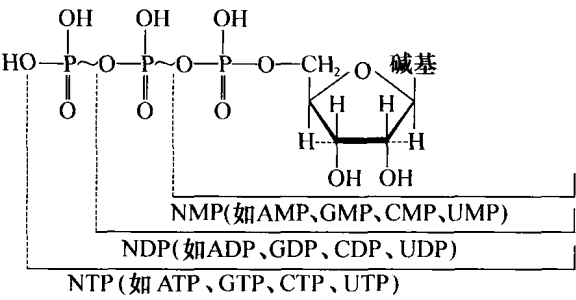
表 1-2 常见的核苷酸及缩写符号

碱 基	核苷酸 (NMP)	脱氧核苷酸 (dNMP)
腺嘌呤 (A)	腺苷酸 (AMP)	脱氧腺苷酸 (dAMP)
鸟嘌呤 (G)	鸟苷酸 (GMP)	脱氧鸟苷酸 (dGMP)
胞嘧啶 (C)	胞苷酸 (CMP)	脱氧胞苷酸 (dCMP)
尿嘧啶 (U)	尿苷酸 (UMP)	脱氧胸苷酸 (dTMP)
胸腺嘧啶 (T)		

五、细胞内某些重要的核苷酸衍生物

(一) 多磷酸的核苷酸

含有一个磷酸基的核苷酸统称为一磷酸核苷或核苷酸 (NMP)。各种 5'-磷酸核苷的磷酸基都可再进行磷酸化, 生成相应的二磷酸核苷 (NDP) 和三磷酸核苷 (NTP)。例如, 一磷酸腺苷 (AMP) 再结合一个磷酸基, 即形成二磷酸腺苷 (ADP), ADP 还可以再结合一个磷酸基生成三磷酸腺苷 (ATP)。其结构式如下:



二磷酸核苷和三磷酸核苷广泛存在于细胞内, 参与许多重要的代谢过程。例如, ATP 是体内能量的直接来源和利用形式, 在代谢中发挥重要作用。UTP 参与糖原的合成, CTP 参与磷脂的合成, GTP 参与蛋白质的生物合成等。此外, 某些核苷酸还是一些辅酶的组成成分。例如, 辅酶 NAD⁺、NADP⁺、FAD、CoA 等的结构中, 都含有腺苷酸。常见的多磷酸核苷系列的简化符号见表 1-3。

表 1-3 常见多磷酸核苷简化符号

	二磷酸	三磷酸
腺苷	ADP	ATP
鸟苷	GDP	GTP
胞苷	CDP	CTP
尿苷	UDP	UTP