

全国中等农业学校教材

基础生物化学

黑龙江省佳木斯农业学校主编

农学、园艺、牧医类专业用

农业出版社

编 审 者

- 主 编 田发成 (黑龙江省佳木斯农业学校)
编写者 周进徐 (湖南省长沙农业学校)
王兆先 (河北省保定农业专科学校)
审稿者 李建武 (北京大学生物系教授)
韦正宇 (广西省柳州畜牧兽医学校)
杨严礼 (辽宁省锦州畜牧兽医学校)
段爱琴 (山西省原平农业学校)
尹廷西 (贵州省黔南农业学校)

全国中等农业学校教材

基础生物化学

黑龙江省佳木斯农业学校主编

• * *
责任编辑 罗梅健

农业出版社出版发行 (北京朝阳区枣营路)

北京密云印刷厂印刷

787×1092mm 32开本 8.25印张 179千字

1988年7月第1版 1988年7月北京第1次印刷

印数 1—10,000册 定价 1.25元

ISBN 7-109-00304-3/S·220

前 言

本教材是根据1986年农牧渔业部教育司制定的中等农业学校《基础生物化学》教学大纲编写的，供招收初中毕业生的四年制中专农学、园艺、牧医类专业使用。

本教材在《化学》课开设后讲授，共70学时。其中理论授课54学时，实验课16学时。各校在使用本教材时，根据专业的不同需要和各校实验条件的差别，对注有*号的内容可选择使用。

近年来，由于生物科学的迅速发展，生物化学所涉猎的范围愈来愈广泛，内容愈来愈深化，知识更新的速度也愈来愈快。又鉴于动物生物化学和植物生物化学有其各自的特殊性。本教材在编写当中，根据全国中专教材会议提出的思想性、科学性、启发性、先进性和适用性的原则精神，注意了以下几个方面：

通用：内容选材尽量适应农业各专业的共同需要。

基础：以糖代谢为主，以生物物质的中间代谢为中心内容，主要介绍生物化学基础理论和基本知识。

简明：适应中专的特点，力求作到概念清楚，层次清晰，简明扼要。内容侧重代谢过程，回避代谢机制，加强图解式。

本教材共分八章，并附有实验指导。各章编写分工是：绪言、第三章糖代谢、第八章水、无机盐代谢及酸碱平衡，

由黑龙江省佳木斯农业学校田发成编写；第四章脂肪代谢、第六章核酸和蛋白质的合成代谢、实验部分，由湖南省长沙农业学校周进徐编写；第一章核酸、第二章酶与维生素、第五章氨基酸代谢、第七章物质代谢的相互关系，由河北省保定农业专科学校王兆先编写。全书由黑龙江省佳木斯农业学校田发成统稿。

在教材编写过程中，先后收到全国许多兄弟学校来函指教，并得到了北京大学生物系李建武教授的具体指导。本教材初稿完成后，曾寄北京大学生物系李建武教授及全国有关学校的老师审阅，并根据1986年12月在浙江省嘉兴农业学校召开的教材审定会提出的意见，编写组进行了最后修改。编者对给予我们许多帮助的各校老师们，对列席参加审定会的浙江省嘉兴农业学校钱瑞芳老师和绘制本书插图的黑龙江省佳木斯农业学校张惠明老师，表示衷心的感谢。

由于编者业务水平的限制和编写时间的仓促，本教材谬误之处一定不少，敬请各校师生提出意见和批评，以便今后修订。

《基础生物化学》编写组

1986年12月

目 录

前言

绪论	1
一、生物化学研究的对象和任务	1
二、生物化学研究的内容	2
三、生物化学与农业生产和农业科学的关系	2
四、生物化学的发展	4
习题	5
第一章 核酸	6
第一节 核酸的化学组成	6
一、核酸的元素组成	7
二、核酸完全水解的产物	7
三、组成核酸的基本单位——核苷酸	9
第二节 细胞内重要的游离核苷酸	12
一、多磷酸核苷酸	12
二、环化核苷酸	15
第三节 核酸的结构	15
一、核酸的一级结构	16
二、DNA的空间结构	17
三、RNA的空间结构	22
第四节 核酸的性质	25
一、核酸的物理性质	25
二、核酸的化学性质	25
习题	28
第二章 酶与维生素	29

第一节 酶的概述	29
一、酶和酶促反应	29
二、酶的化学本质和组成	30
三、酶的性质	31
四、酶的分类和命名	33
第二节 酶催化作用的机理	36
一、酶的活性中心	36
二、酶催化作用的机理	38
第三节 影响酶促反应的因素	41
一、底物浓度和酶浓度的影响	41
二、温度的影响	43
三、pH值(酸、碱度)的影响	45
四、激活剂和抑制剂的影响	46
第四节 维生素和辅酶	50
一、水溶性维生素	51
二、脂溶性维生素	59
习题	60
第三章 糖代谢	62
第一节 新陈代谢概述	62
一、生命的物质基础	62
二、生命活动的基本特征	62
第二节 生物氧化	65
一、生物氧化的含义	65
二、生物氧化的特点	65
三、生物氧化的方式	66
四、生物氧化体系——呼吸链(电子传递链)	66
五、ATP的生成和利用	69
* 第三节 多糖和低聚糖的酶促降解	72
一、动物体外源型多糖和低聚糖的降解	72
二、动物体内源型多糖的降解	74
三、植物体内多糖和低聚糖的降解	75

第四节	糖的分解代谢	76
一、	糖的无氧分解 (无氧氧化)	76
二、	糖的有氧分解 (有氧氧化)	88
三、	磷酸戊糖途径 (HMP)	100
* 第五节	光合作用	104
一、	光反应	105
二、	暗反应	108
三、	光合作用的意义	117
第六节	糖的合成代谢	119
一、	葡萄糖合成代谢“能障”和“膜障”的克服	119
* 二、	糖的合成过程	122
习题	128
第四章	脂肪代谢	130
第一节	脂肪的酶促降解	131
第二节	脂肪的分解代谢	132
一、	甘油的氧化	132
二、	脂肪酸的氧化	133
第三节	脂肪的合成代谢	141
一、	脂肪酸的合成	142
二、	α -磷酸甘油的合成	146
三、	脂肪的生物合成	146
习题	148
第五章	氨基酸代谢	149
第一节	蛋白质的酶促降解	149
一、	蛋白质水解酶	149
* 二、	蛋白质的消化吸收	150
三、	组织蛋白的水解	151
第二节	氨基酸的分解代谢	151
一、	脱氨基作用	152
二、	脱羧基作用	156

三、氨基酸分解产物的代谢·····	157
第三节 氨基酸的合成代谢·····	164
* 一、氮的参入·····	165
二、氨基酸的合成·····	168
习题·····	172
第六章 核酸和蛋白质的合成代谢·····	173
第一节 DNA的复制·····	174
一、半保留复制·····	174
二、DNA的复制过 程·····	175
三、真核细胞 DNA 的复制·····	180
四、逆向转录·····	180
五、突变、损伤和修复·····	181
第二节 RNA的合成·····	183
一、概述·····	183
二、RNA合成的过 程·····	184
第三节 蛋白质的生物合成·····	186
一、中心法则·····	186
二、RNA 的 功 能·····	186
三、蛋白质生物合成过程·····	192
习题·····	196
第七章 物质代谢的相互关系·····	198
一、糖代谢与蛋白质代谢的相互关系·····	198
二、糖代谢与脂肪代谢的相互关系·····	199
三、脂肪代谢与蛋白质代谢的相互关系·····	200
四、核酸代谢与糖、脂肪、蛋白质代谢的相互关系·····	201
习题·····	203
*第八章 水、无机盐代谢及酸碱平衡·····	204
第一节 水代谢·····	204
一、水的含量与分布·····	204
二、水的生理功用·····	205
三、水平衡·····	205

第二节 无机盐代谢	206
一、体液中无机盐的分布	207
二、无机盐的生理功用	207
三、几种重要无机盐的代谢	208
第三节 酸碱平衡	212
一、体内酸碱物质的来源	212
二、体内酸碱平衡的调节	212
三、体内酸碱平衡的失调	214
习题	215
学生实验	216
实验一 核酸的定量测定 (定磷法)	216
实验二 酶的特性实验	219
*实验三 琥珀酸脱氢酶及其竞争性抑制	224
*实验四 细胞色素氧化酶的定性反应	226
*实验五 黄素蛋白酶的定性实验	228
实验六 维生素C 的定量测定	229
实验七 血糖的定量测定	234
实验八 植物可溶性糖的 测定 (3,5-二硝基水杨酸法)	237
*实验九 发酵过程中无机磷的利用	239
实验十 脂肪转化为糖的检验	241
实验十一 氨基酸纸层析	242
*实验十二 血清蛋白质醋酸纤维薄膜电泳	245
*实验十三 蛋白质含量的测定 (双缩脲法)	248
附录	250
一、生物化学实验常用仪器表	250
二、每组学生实验仪器配备	250
三、常用生物化学名词缩写	251

绪 论

一、生物化学研究的对象和任务 地球上的生物体（动物、植物、微生物），不论其细胞的构造简单或复杂，（主要都是由各种有机物组成的，其中最主要的是糖、脂、蛋白质和核酸。通常把这些物质称为生物物质。在生物体内，这些物质不断地进行着互相联系、互相制约、多种多样、复杂而有规律的化学变化。这些化学变化综合起来表现为诸如：生长、发育、衰老、死亡等生命现象。

地球上的生物体，至今已发现200多万种，但构成生物体物质的化学元素（C、H、O、N、P、S等）与构成非生物体物质的化学元素并无不同之处。因此说，生物体也是由化学物质构成的，生物体的生命现象，必然遵循和符合化学变化的规律，人们完全可以运用化学的原理和方法揭示生命现象的本质。生物体的生命活动，不仅遵循那些支配所有各种分子运动的一般物理学和化学规律，而且它们还按照另外一套特殊的规律而相互作用，并使它们具有自我组织和自我复制的能力。显然，生物体生命现象又是一种“超化学”，它包括了化学的传统范畴，同时又有所超出。因此，生物化学是介于化学与生物学之间的一门边缘科学。

以生物体为对象，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，称为生物化学。

生物化学的任务是以辩证唯物主义的观点，主要应用化

学的原理和方法，研究生物体的化学组成，生物大分子的结构和功能，及其在生命活动中物质和能量的代谢变化，并以此为基础，从分子水平上阐明生长、发育、遗传等生命现象的化学本质，进而应用这些规律为工农业生产服务。

二、生物化学研究的内容 生物化学研究的内容，大致包括以下三个方面：

1. 研究生物体中物质的组成、结构和性质（静态生物化学）。

2. 研究生物体中各种物质的变化过程和规律（动态生物化学）。

3. 研究生物体中各种物质的变化与整体生理机能之间的关系（机能生物化学）。

本教材主要介绍动态生物化学方面的基本知识。应当指出，我们研究生物化学的目的并不限于了解上述现象，而是在于利用已经了解的知识，把它应用到工农业生产的实践中去，为我国的“四化”建设服务。

三、生物化学与农业生产和农业科学的关系

（一）生物化学与农业生产的关系 生物化学与农业、畜牧业、水产业生产的关系极为密切。生物化学的研究成果，为这些生产过程建立科学基础，并为其技术改造创造条件。在农业生产中，由于生产斗争的需要，如对病虫害的防治，病毒的控制，除草剂、激素的研制和使用，优良品种的培育，光合效能的研究，粮食增产的措施，家畜饲养管理，家畜疾病诊断、治疗，微生物发酵等，都要求生物化学能提供理论根据和解决问题的途径、办法。如果能够利用生物化学的理论和方法，明确植物体内糖、脂质、蛋白质的合成规律，我们就有可能创造一定的条件，满足植物体代谢过程的

需要，以获得较高的产率。如果能够利用生物化学的理论和
方法，研究植物各器官的代谢及各种外界因素对代谢的影
响，我们就能设计出最佳的贮存粮食、蔬菜、果品的方法。
同样，利用生物化学的研究成果，我们就能够对家畜的营养
问题，畜牧业生产率的提高（产肉率、产蛋率）等问题，提
出合理的解决方案。

因此说，生物化学对农业和畜牧业生产有很大的实用意
义。生物化学的发展正在推动着农业生产的发展。反之，由
于农业生产的需要，向生物化学提出各种各样的要求，也推
动了生物化学的迅速发展。

（二）生物化学与农业科学和生物科学的关系 生物化
学作为农业科学和生物科学的基础理论课，它在探讨生物
体物质的组成，代谢的规律，从而阐明机体生理机能的基本
理论和实验技术上常常与生理学、病理学、遗传学相互交
叉，互相印证，并且在一些领域中达到了难分难解的程度，
无怪有人说生物化学和生理学是关系密切的姊妹学科。栽
培学运用生物化学的知识，可阐明各种作物在不同栽培条
件下新陈代谢的变化，以及产物营养成分的积累，从而有
助于栽培理论的深化。家畜饲养学、家畜疾病诊断学、微
生物学、药理学等，它们的研究愈深入到分子水平，就愈经
常使用生物化学提供的理论和技术。同样，在土壤学、昆虫
学、植物化学保护中，有关微生物在土壤中对有机成分的
分解转化；植物被病原微生物侵染后所发生的代谢变化；杀
虫剂、杀菌剂、除草剂毒性机理的研究等方面的问题，也都
要应用生物化学的理论和技術。总之，生物化学现已渗透
到农业科学和生物科学的各个领域。

以上列举的生物化学与农业生产、农业科学和生物科学

的关系，足以证明生物化学是农业科学的一门重要基础理论课程。

四、生物化学的发展 生物化学只在本世纪初才脱离有机化学和生理学，成为一门独立的自然科学。本世纪30年代后，由于实验技术的不断改善，同位素、电子显微镜、X射线衍射、层析、电泳等新实验手段的应用，生物化学即以越来越快的速度迅猛发展，并逐渐深入到细胞内部研究生物物质的代谢过程。先后阐明了糖代谢、脂代谢、生物氧化等主要代谢过程。特别是1953年华特生等人提出DNA分子具有双螺旋结构假说以后，生物化学进入了更加飞速发展的阶段，并进一步推动了生物科学各个领域向更为纵深的水平发展，使人们有可能在分子水平上认识生命的本质，从而推动了生物学进入所谓“分子生物学”的新时代。

在党和政府的正确领导与关怀下，我国生物化学基础理论的研究及其应用取得了一定成绩，特别是在某些领域里，已跃居于世界领先地位。1965年我国在世界上首次用化学方法合成了具有生物活力的牛胰岛素。1972年用X光衍射法成功地测得了猪胰岛素分子的空间结构，分辨率为0.25 nm，达到世界先进水平。1979年我国首次人工合成了具有41个核苷酸的酵母丙氨酸tRNA半分子。1981年又成功地完成了酵母丙氨酸tRNA分子的全合成。

尽管我国生物化学在某些领域里取得了一定的成就，但就整体来说，我国生物化学发展的水平与世界先进国家比较，还有很大差距，还需要继续努力。作为从事农、牧、渔业生产的科技工作者，努力学习和掌握生物化学的基本知识是非常必要的。它不仅是学习专业知识的必要基础，而且可以直接运用生物化学的理论和技術，研究当前生产中存在的

问题，促进农业生产向前发展。

习 题

1. 什么是生物化学？生物化学研究的内容是什么？
2. 生物化学的任务是什么？

第一章 核 酸

核酸是一类十分重要的生物大分子。它和蛋白质一样，是生命的重要物质基础。人们对核酸的研究已有100多年的历史，最初它是从细胞核中分离出来的一种含磷较多的酸性有机物质，故定名为核酸。核酸的发现虽早，但是揭示核酸的生物学功能却是近几十年的事情。现已证实，核酸是所有生物的遗传物质。生物的遗传变异，个体的生长、发育和繁殖，器官的分化和形态的表达，以及衰老与死亡等生命过程，无一不受核酸的控制。甚至病毒和噬菌体的感染，癌变等也都与核酸有关。因此我们说没有蛋白质和核酸就没有生命。当前核酸已成为分子生物学和分子遗传学研究的中心内容，并取得了很大的进展。

第一节 核酸的化学组成

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。两类核酸在生物细胞内一般都与蛋白质相结合，以核蛋白的形式存在。

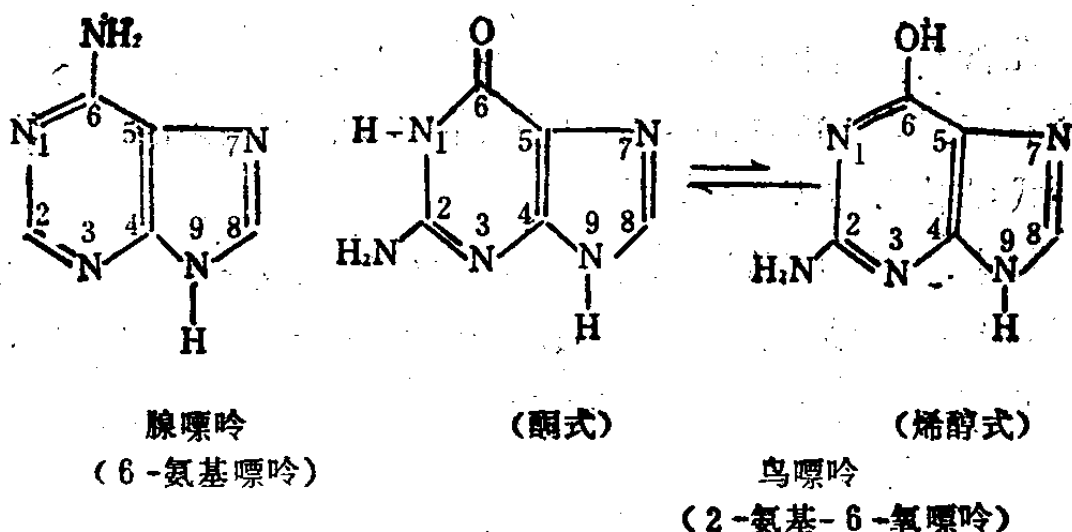
一、核酸的元素组成 核酸分子虽然很大，但组成核酸的元素却只有碳、氢、氧、氮、磷五种。其中磷的含量变化范围不大，磷含量一般为9.5%左右。因此可通过含磷量的测定来估算核酸的含量。

$$\text{核酸含量} = \text{含磷量} \times \frac{100}{9.5} = \text{含磷量} \times 10.5$$

二、核酸完全水解的产物 核酸分子很大，组成复杂，但都能水解。它们完全水解的产物包括含氮碱、戊糖和磷酸。现分述如下：

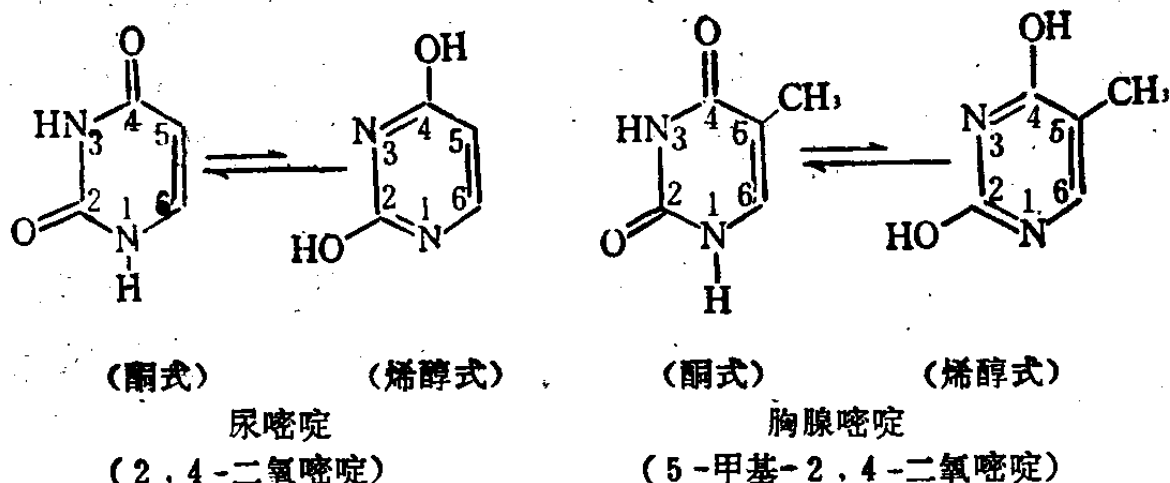
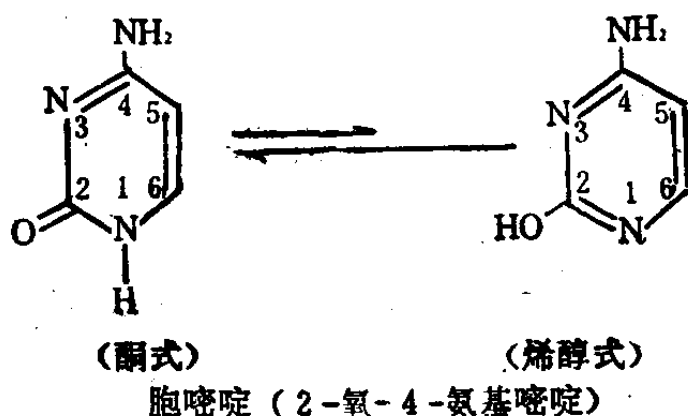
(一) 含氮碱 组成核酸的含氮碱都是嘌呤和嘧啶的衍生物。它们都是含氮的弱碱性物质，统称为含氮碱，在核酸分子中又叫碱基。嘌呤的衍生物叫嘌呤碱，嘧啶的衍生物叫嘧啶碱。

1. 嘌呤碱 核酸中常见的嘌呤碱有腺嘌呤(A)和鸟嘌呤(G)。两类核酸都含有这两种嘌呤碱。其结构式如下：



2. 嘧啶碱 核酸中常见的嘧啶碱有胞嘧啶(C)、尿嘧啶(U)和胸腺嘧啶(T)三种。其中胞嘧啶为RNA和

DNA所共有，而尿嘧啶几乎仅存在于RNA中，胸腺嘧啶则主要存在于DNA中。其结构式如下：



凡含有酮基的嘌呤碱或嘧啶碱，都随环境 pH 的变化，存在着酮式与烯醇式的结构互变，但在细胞生理 pH 环境中，以酮式结构占优势。

除上述五种含氮碱外，核酸中还有一些含量极少的碱基，称为稀有碱基。它们大多数是甲基化的碱基。在核酸中稀有碱基含量虽少，但对核酸的生物学功能具有极其重要的意义。

(二) 戊糖 组成核酸的戊糖有两种，在 RNA 中是核糖，在 DNA 中是脱氧核糖，它们都是 D 型 β -呋喃糖。核糖和脱氧核糖的结构如下：