



21世纪农业部高职高专规划教材  
全国农业职业院校教学工作指导委员会审定

# 动物 生物化学

畜牧兽医类专业用  
夏未铭 主编



 中国农业出版社

图例在编目(CIP) 数据

21世纪农业部高职高专规划教材  
全国农业职业院校教学工作指导委员会审定

ISBN 7-109-10283-0

# 动物生物化学

夏末铭 主编

畜牧兽医类专业用

中国农业出版社  
(北京市朝阳区东三环北路) (邮编 100028)  
责任编辑：甘敏敏  
出版人：王群

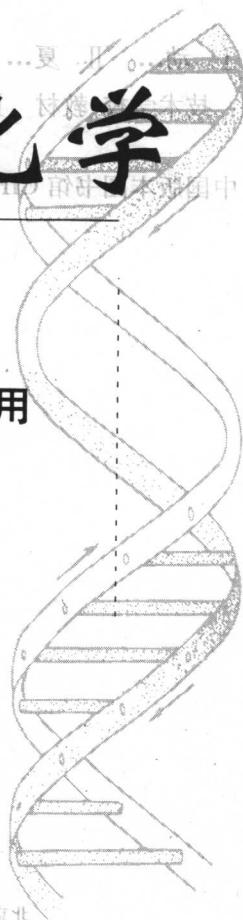
北京通州星洲印刷厂印刷  
2006年1月第1版 2006年1月北京第1次印刷

开本：787mm×960mm 1/16 印张：18

字数：335千字

中国农业出版社

(凡在本社出版图书，均由本社统一印制，印刷厂直接供货，不另收费)



## 图书在版编目 (CIP) 数据

动物生物化学 / 夏未铭主编. —北京: 中国农业出版社, 2006. 1

21 世纪农业部高职高专规划教材

ISBN 7-109-10583-0

I. 动... II. 夏... III. 动物学: 生物化学-高等学校: 技术学校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 158799 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 甘敏敏

北京通州皇家印刷厂

新华书店北京发行所发行

2006 年 1 月第 1 版

2006 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 19

字数: 335 千字

定价: 25.00 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 简 介

本教材分为理论与实训两大部分。理论部分共 10 章，第一、二章阐述了核酸、蛋白质、酶和辅酶的组成、结构、性质及其生物学功能；第三、四、五、六、七章分别阐述了动物体内能量代谢规律特点和糖、脂、蛋白质、核酸代谢的基本过程、基本规律；第八章阐述了物质代谢的相互关系和调控理论；第九章阐述了动物主要脏器和血液的生物化学特点；第十章介绍现代生化技术的基本原理和基本方法。实训部分包括动物生物化学基本技能训练项目和综合技能训练项目，共 17 项，可供各院校有选择地训练。

本教材可供高职高专畜牧兽医类专业使用，也可供畜牧兽医类专业函授、自学及本行业相关人员参考。

内容简介

**主 编** 夏未铭

**副主编** 尚宝来 翟卫红

**编 者** (按姓氏笔画排序)

马冬梅(锦州医学院畜牧兽医学院)

李生其(江苏畜牧兽医职业技术学院)

尚宝来(天津农学院职业技术学院)

夏未铭(杨凌职业技术学院)

曹授俊(北京农业职业学院)

翟卫红(青海畜牧兽医职业技术学院)

**审 稿 员** 孙 超(西北农林科技大学)

# 前 言

随着现代科技的发展，生物化学已成为生命科学中诸多学科的重要基础与支柱，被认为是21世纪生命科学的带头学科。动物生物化学是生物化学的分支，是动物生命科学的基础，也是畜牧兽医类专业的重要专业基础课程。本书在编写中结合畜牧兽医类专业的实际需要与动物生物化学的特点，着重介绍动物生物化学的基本知识和某些新进展，并力求做到简明扼要、由浅入深、循序渐进、学以致用。

在内容编排上，本教材尽可能地突出基础性、实用性和应用性三大特点。全书按章节编排，每章后设置了复习思考题，便于教师教学和学生自学。为了加强实用性和应用性，突出高职教育特色，本教材增加了生化实验技术，介绍现代生化技术的原理、方法和实际应用。

本教材由夏未铭担任主编，并编写绪论，第八、十章，技能训练一、五、十二、十五和附录一的部分内容；尚宝来编写第三、四章和技能训练八、九；翟卫红编写第二章，技能训练七、十三、十四和附录一的部分内容；李生其编写第一、九章和技能训练二、三、四；马冬梅编写第五章，技能训练十、十一、十七和附录二；曹授俊编写第六、七章和技能训练六、十六。本教材由夏未铭统稿，由西北农林科技大学的孙超博士审定。

本教材在编写过程中参阅了大量书籍，并得到了各

编者学校及有关专家的大力支持，在此表示感谢。

由于本教材的内容选排是一种尝试，加之编者水平有限、成稿时间仓促，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者和同行专家提出宝贵意见。

编者

2006年1月

# 目 录

前言	
绪论	1
第一章 核酸与蛋白质化学	6
第一节 核酸的化学组成	6
一、核酸基本结构单位——核苷酸	6
二、细胞内重要的游离核苷酸	9
第二节 核酸的结构	11
一、核酸的一级结构	11
二、核酸的空间结构	13
第三节 核酸的理化性质	18
一、基本特性	18
二、核酸的变性、复性和分子杂交	18
第四节 蛋白质的分子组成	20
一、蛋白质的元素组成	21
二、蛋白质的基本结构单位——氨基酸	21
三、氨基酸的理化性质	23
第五节 肽与蛋白质的结构	25
一、肽	25
二、蛋白质的一级结构	27
三、蛋白质的空间结构	28
四、蛋白质结构与功能的关系	32
第六节 蛋白质的理化性质	33
一、蛋白质的两性解离和等电点	33
二、蛋白质的胶体性质	34
三、蛋白质的变性	35
四、蛋白质的沉淀	35



五、蛋白质的呈色反应 .....	37
• 复习思考题 .....	37
<b>第二章 酶与辅酶 .....</b>	<b>38</b>
<b>第一节 酶的概述 .....</b>	<b>38</b>
一、酶的化学本质和特性 .....	38
二、酶分子的组成 .....	40
三、酶的分子结构 .....	42
四、酶的命名、分类与活力 .....	46
<b>第二节 酶作用机理 .....</b>	<b>48</b>
一、酶作用与分子活化能的关系 .....	48
二、酶作用的基本原理 .....	49
<b>第三节 影响酶促反应速率的因素 .....</b>	<b>50</b>
一、底物浓度的影响 .....	51
二、酶浓度的影响 .....	53
三、温度的影响 .....	53
四、pH 的影响 .....	54
五、激活剂的影响 .....	55
六、抑制剂的影响 .....	55
<b>第四节 维生素与辅酶 .....</b>	<b>59</b>
一、维生素概述 .....	59
二、水溶性维生素与辅酶 .....	60
三、脂溶性维生素 .....	71
<b>第五节 酶工程简介 .....</b>	<b>72</b>
一、酶工程概述 .....	72
二、酶工程的主要内容 .....	72
三、酶的应用 .....	74
• 复习思考题 .....	77
<b>第三章 生物氧化 .....</b>	<b>78</b>
<b>第一节 生物氧化的概述 .....</b>	<b>78</b>
一、生物氧化的概念和特点 .....	78
二、生物氧化的方式 .....	79
三、生物氧化的类型 .....	79

四、生物氧化中 $\text{CO}_2$ 的生成 .....	81
五、生物氧化中水的生成 .....	81
第二节 线粒体生物氧化体系 .....	82
一、呼吸链及其组成 .....	82
二、呼吸链各组分的作用机理 .....	83
三、动物体内重要的呼吸链 .....	85
第三节 生物氧化中能量的生成与转化 .....	86
一、高能化合物 .....	86
二、ATP 的生成方式 .....	88
三、胞液中 NADH 的氧化 .....	90
四、能量的转移和利用 .....	92
• 复习思考题 .....	93
<b>第四章 糖代谢</b> .....	94
第一节 糖的降解及血糖 .....	94
一、多糖的降解 .....	94
二、二糖的降解 .....	96
三、血糖 .....	96
第二节 单糖的分解代谢 .....	97
一、糖的无氧分解 .....	97
二、糖的有氧分解 .....	103
三、磷酸戊糖途径 .....	108
第三节 糖的合成代谢 .....	112
一、糖异生作用 .....	112
二、糖原的合成 .....	114
• 复习思考题 .....	116
<b>第五章 脂类代谢</b> .....	117
第一节 脂类代谢概述 .....	117
一、脂类的生理功能 .....	117
二、脂类的贮存、动员和运输 .....	118
第二节 脂肪的代谢 .....	121
一、脂肪的分解代谢 .....	121
二、脂肪的合成代谢 .....	127

第三节 类脂代谢 .....	132
一、磷脂的代谢 .....	132
二、胆固醇的代谢 .....	134
• 复习思考题 .....	136
第六章 核酸与蛋白质的分解代谢 .....	137
第一节 核酸的分解代谢 .....	137
一、核酸的降解 .....	137
二、核苷酸的分解代谢 .....	138
三、核苷酸的合成代谢 .....	140
第二节 蛋白质的营养价值 .....	142
一、氮平衡 .....	143
二、蛋白质的营养价值 .....	143
第三节 蛋白质的分解代谢 .....	143
一、蛋白质的降解 .....	143
二、氨基酸的代谢概况 .....	144
三、氨基酸的一般分解代谢 .....	146
四、其他重要氨基酸代谢 .....	155
五、氨基酸的合成代谢 .....	160
• 复习思考题 .....	161
第七章 核酸与蛋白质的合成代谢 .....	162
第一节 DNA 的生物合成 .....	162
一、DNA 的复制 .....	162
二、DNA 的损伤与修复 .....	165
三、逆转录过程 .....	166
第二节 RNA 的生物合成 .....	167
一、转录作用 .....	167
二、RNA 的复制 .....	174
第三节 蛋白质的生物合成 .....	175
一、参与蛋白质生物合成的物质 .....	175
二、蛋白质生物合成的过程 .....	179
三、翻译后的加工 .....	184
第四节 现代生物工程技术简介 .....	185

一、DNA 重组技术 .....	185
二、分子杂交技术 .....	185
三、聚合酶链反应 .....	186
四、转基因技术 .....	187
五、蛋白质工程 .....	188
六、体细胞克隆技术 .....	188
• 复习思考题 .....	188
<b>第八章 物质代谢的相互关系与代谢的调节 .....</b>	<b>189</b>
<b>第一节 糖、脂、蛋白质和核酸代谢的</b>	
<b>相互关系 .....</b>	<b>189</b>
一、蛋白质代谢与糖代谢的相互联系 .....	189
二、糖代谢与脂类代谢的相互联系 .....	189
三、蛋白质代谢与脂类代谢的相互联系 .....	190
四、核酸与糖、脂类和蛋白质代谢的	
相互联系 .....	190
<b>第二节 物质代谢调节 .....</b>	<b>192</b>
一、细胞水平的代谢调节 .....	192
二、激素对物质代谢的调节 .....	200
三、整体水平的代谢调节 .....	202
• 复习思考题 .....	203
<b>第九章 血液生化与肝脏生化 .....</b>	<b>204</b>
<b>第一节 血液生化 .....</b>	<b>204</b>
一、血浆蛋白质的组成和功能 .....	204
二、成熟红细胞的代谢特点 .....	205
三、血红蛋白的化学组成和性质 .....	207
四、血红蛋白的代谢概况 .....	208
<b>第二节 肝脏生化 .....</b>	<b>209</b>
一、肝脏生物转化反应的类型 .....	210
二、肝脏生物转化的特点 .....	213
三、胆汁酸的代谢概况 .....	213
四、肝脏的排泄功能 .....	214
• 复习思考题 .....	214

<b>第十章 生化实验基本技术</b> .....	215
<b>第一节 离心分离技术</b> .....	215
一、离心分离的原理 .....	215
二、离心分离的基本方法 .....	215
<b>第二节 分光光度技术</b> .....	217
一、分光光度计的基本原理 .....	217
二、分光光度检测的基本方法 .....	218
<b>第三节 层析分离技术</b> .....	219
一、层析分离技术的基本原理与类型 .....	219
二、柱层析法 .....	220
三、纸层析法 .....	221
四、薄层层析分离法 .....	223
五、离子交换层析法 .....	223
六、凝胶层析法 .....	224
七、气相层析与液相层析 .....	225
<b>第四节 电泳技术</b> .....	227
一、电泳基本原理 .....	227
二、影响电泳的主要外界因素 .....	227
三、常用的电泳技术 .....	228
<b>第五节 生物物质的化学检测技术</b> .....	228
一、糖类的化学检测 .....	228
二、蛋白质和氨基酸的化学检测 .....	229
三、核酸的化学检测 .....	230
<b>第六节 蛋白质和酶的分离纯化</b> .....	231
一、蛋白质和酶的提取 .....	231
二、蛋白质和酶的分离纯化 .....	232
三、蛋白质和酶的浓缩和结晶 .....	233
• 复习思考题 .....	233
<b>生化技能训练</b> .....	234
<b>第一部分 基本技能训练</b> .....	234
技能训练一 生化实验基本技能 .....	234
技能训练二 蛋白质等电点的测定 .....	236

技能训练三	双缩脲法测定蛋白质的含量.....	237
技能训练四	考马思亮蓝法测定蛋白质的含量 .....	238
技能训练五	茚三酮显色法测定氨基酸含量 .....	240
技能训练六	紫外吸收法测定核酸的含量.....	241
技能训练七	唾液淀粉酶的特性实验 .....	243
技能训练八	蒽酮比色法测定血糖含量 .....	245
技能训练九	肝糖原的提取与鉴定 .....	247
技能训练十	血清总脂的测定 .....	248
技能训练十一	酮体的测定 .....	249
技能训练十二	血清蛋白醋酸纤维薄膜电泳 .....	253
技能训练十三	荧光法测定维生素 C 的含量 .....	256
<b>第二部分 综合技能训练</b>	.....	<b>258</b>
技能训练十四	生化实验样品的制备 .....	258
技能训练十五	层析法测定氨基酸 (纸层析、薄层 层析、柱层层析) .....	261
技能训练十六	动物组织中核酸的提取与鉴定 .....	266
技能训练十七	碱性磷酸酶的测定 .....	268
<b>附录一 常用试剂的配制与保存</b>	.....	<b>276</b>
<b>附录二 常用生物化学名词缩写符号</b>	.....	<b>286</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>290</b>



## 绪论

生物化学是生命的化学，是以生物体（人、动物、植物、微生物等）为研究对象，运用化学的原理、方法研究物质的组成、结构与功能的关系以及物质在生命活动中的变化过程与变化规律，并从分子水平上阐明生命现象化学本质的科学。动物生物化学是以动物为研究对象的生命的化学。

### 一、动物生物化学研究的内容

动物生物化学研究的主要内容包括动物体的化学组成、分子的结构与功能；物质代谢、能量代谢、代谢调控、信号转导、遗传信息传递和自我复制等生命现象的化学本质；动物脏器的生物化学特点和有关的现代生物化学技术等。

1. 动物体的化学组成、分子结构及其功能 组成动物体的化学元素主要是C、H、O、N、P、S和Ca、Mg、Na、K、Cl、Fe等元素。这些元素以各种有机化合物和无机化合物的形式存在于体内。其中，蛋白质（酶）、核酸（DNA和RNA）、糖复合物和复合脂质等聚合物的相对分子质量较大，称为生物大分子。蛋白质是生命活动的物质基础；核酸是生命体遗传信息贮存、传递和个体生长发育的物质基础。生物大分子在体内不断地进行着有序地运转变化，执行其特定的生理功能，从而表现出各种生命现象。因此，研究这些生物大分子具有重要的理论意义和实践意义。无机元素在生物体内也有其独特的作用，许多无机元素是蛋白质和酶的重要组成部分，也参与体内的物质代谢、能量代谢以及信息的传递和代谢的调控。

2. 动物体代谢与信号转导 新陈代谢是生命的基本特征之一。广义的新陈代谢是机体与外界进行物质和能量交换过程，即物质的消化、吸收→中间代谢→废物排泄过程；狭义的新陈代谢是指中间代谢，即生物大分子在细胞中的分解→合成→再分解→再合成及其能量转移规律，这是生物化学研究的重要内容之一。机体的各种代谢活动是在一系列的调控下有条不紊地进行的。外界刺激通过体内神经、激素等作用于细胞，通过对酶的调节改变细胞内的物质代谢。细胞内存在的各种信号转导系统也调节机体的生长、增殖、分化、衰老等

生命过程。细胞信号转导机制与网络的深入研究也是现代生物化学重要的研究课题之一。

3. 基因的贮存、传递、表达及其调控 生命现象的另一个基本属性是能够进行自我复制,自我繁殖。生物体通过个体的繁衍,将其遗传信息传给后代。核酸起着携带遗传信息和传递遗传信息的作用,基因是遗传信息贮存与传递的载体,是DNA分子中可表达的功能片段,通过DNA的复制、转录和翻译将遗传信息传递给后代。基因的贮存、传递使生命得以延续,基因的遗传、变异与表达赋予生命多姿多彩的特色。研究基因在染色体中的定位、核苷酸的排列顺序及其功能,DNA复制、RNA转录、蛋白质生物合成过程中基因传递的机制,基因传递与表达的时空调节规律等是生物化学极为重要的课题。这将为解开生命之谜奠定坚实的基础。

4. 生物化学技术 生物化学是实验的科学,其一切成果均建立在严谨的科学实验基础之上。这些技术包括生物大分子的提取、分离、纯化与检测技术,生物大分子组成成分的序列分析和体外合成技术,物质代谢与信号转导的跟踪检测技术,以及基因重组、转基因,基因剔除、基因芯片等基因研究的相关技术等。生物化学技术不是单纯的化学技术,其中融入了生物学、物理学、免疫学、微生物学、药理学等知识与技术作为其研究手段。正是这些技术的发展和新技术、新仪器的不断涌现,在加快了生物化学领域发展的同时,也大大地带动了其他学科的发展。

5. 组织器官生物化学 动物生物化学是研究动物体的生物化学,除了上述的内容外,还要在分子水平上阐明其体内重要组织器官的新陈代谢特点和与其功能的关系,比如肝脏与血液的生物化学特点等。

## 二、生物化学的发展动态

认识生命现象,揭示生命本质,人类经历了漫长的历史过程,至今仍在不断地探索。

1. 生物化学的早期应用(18世纪前) 生物化学虽然是较为年轻的学科,但是人们在长期的生产实践中早就应用了生物化学的知识。例如,酿酒、制醋;用曲治疗消化道疾病;用海藻(含碘)治疗瘰病(甲状腺肿);用含维生素 $B_1$ 的草药治疗脚气病;用猪肝(含维生素A)治疗雀目(夜盲症)等。

2. 近代生物化学的发展(18—20世纪中期) 近代生物化学的研究始于18世纪。18世纪的主要发现是生物体的气体交换作用和对一些有机化合物(如甘油、柠檬酸、苹果酸、乳酸、尿酸等)的揭示。19世纪的主要贡献是对人体化学组成的认识和某些代谢过程的发现。在这一时期人类揭示了蛋白质是



生命的表现形式，并成功地结晶了血红蛋白，提纯了麦芽糖酶，发现了细胞色素，从无机物合成出尿素，从肝中分离出糖原并证明它可转化为血糖等。19世纪末，酶独立催化作用的发现打开了通向现代生物化学的大门。

20世纪生物化学取得了快速发展，确立了现代生物化学的基本框架。1903年德国C. Neuberg提出了“生物化学”这一名词，使生物化学成为一门独立的学科，促进了生物化学的发展。在随后的50年里（至20世纪50年代），许多生化物质被分离纯化，许多代谢途径被阐明，例如，维生素、辅酶和激素的结构与功能，酶促反应动力学，糖代谢的各条反应途径，脂肪酸的 $\beta$ 氧化分解，氨基酸的分解代谢与鸟氨酸循环、三羧酸循环、肺炎链球菌转化实验证明了DNA是遗传物质等均是这一时期的突出贡献。

3. 现代生物化学的发展（20世纪50年代至今）这一时期生物化学经历了基因时代→基因组时代→后基因组时代（蛋白质工程时代——蛋白质组学）。20世纪50年代以来，生物化学的发展进入了分子生物学时代，是一个空前突飞猛进的黄金时代。这一时期的主要标志是1953年沃森和克里克的DNA双螺旋结构模型的建立，为进一步阐明遗传信息的贮存、传递和表达，为揭开生命的奥秘奠定了基础，这是20世纪自然科学中的重大突破之一。同年，Frederick Sanger完成了胰岛素一级结构的测定。从此开始了以核酸和蛋白质的结构与功能为研究焦点的分子生物学时代。分子生物学是生物化学的延伸与发展，是以生物大分子的结构、功能和调控为其主要研究对象，探讨生命本质的一门学科。由于分子生物学涉及生命现象最本质的内容，它全面地推动了生命科学的发展。这一时期人们提出了遗传信息的传递规律：DNA→RNA→蛋白质，破译了遗传密码，并发现了基因传递与表达的调控；同时，核酸和蛋白质组成的序列分析技术也取得了飞速的发展。20世纪60—70年代，体外DNA重组技术的建立和基因表达调控机制被发现，人工合成了牛胰岛素和酵母丙氨酸-tRNA。20世纪80—90年代核酶和抗体酶被发现，PCR技术发明，并启动了人类基因组计划。随着人类基因组计划完成，人类又相继完成了水稻基因组计划、家蚕基因组计划……而且在此基础上，衍化出转基因技术、基因剔除技术、基因芯片技术等，更大地开阔了人们有关基因研究的视野，为人类破解生命之谜奠定了坚实的基础。继之而来的后基因组计划，包括蛋白质组计划，将在更加贴近生命本质的更深层次上探讨与发现生命活动的规律，以及重要生理与病理现象的本质。这些庞大工程的完成，必将对生命的本质，生物的进化、遗传、变异，疾病的发病机制，疾病的预防、治疗，延缓衰老和新药的开发，以及整个生命科学产生深远的影响。

4. 生物化学的未来发展 生物化学与分子生物学成为21世纪生命学科的