

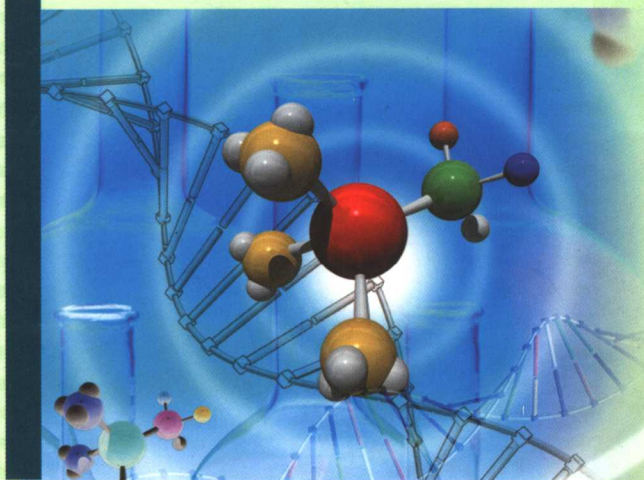


21 世纪农业部高职高专规划教材
全国农业职业院校教学工作指导委员会审定

生物化学

SHENGWU HUAXUE

胡洪禄 王 彬 主编



 中国农业出版社

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

生 物 化 学

胡洪禄 王 彬 主编

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/胡洪禄, 王彬主编. —北京: 中国农业出版社, 2006. 6

21 世纪农业部高职高专规划教材

ISBN 7-109-10658-6

I. 生... II. ①胡...②王... III. 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 (2006) 第 034926 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印刷

新华书店北京发行所发行

2006 年 7 月第 1 版

2006 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 14

字数: 243 千字

定价: 21.00 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 提 要

本教材着重讲述生物化学的基本理论及实践操作技能。理论部分主要包括酶与维生素、生物氧化、糖类及糖代谢、脂类及脂类代谢、蛋白质化学及蛋白质和氨基酸代谢、核酸的化学及核酸和核苷酸代谢、物质代谢的相互关系和调节控制。每章都附有阅读材料和复习思考题,以激发学生学习兴趣,扩大知识面,巩固所学知识。实践操作技能内容包括实验和实践技能训练,旨在加强学生动手能力的培养,提高学生解决实际问题的能力。

本教材以够用为原则、实用为目的,体现职业性、基础性和实用性。本教材文字简练、条理清晰、深入浅出地讲述了生物化学基础理论及最新进展。可供高等职业院校农林、园艺、生物技术类等相关专业学生使用,也可供其他专业的学生、教师及科技工作者参考。

主 编 胡洪禄（潍坊职业学院）
王 彬（保定职业技术学院）
副主编 李翠莲（湖南生物机电职业技术学院）
参 编 李 煜（黑龙江生物科技职业学院）
黄 河（湖南怀化职业技术学院）
审 稿 陈冠军（山东大学）

前 言

根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》、《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》等文件精神,我们按照全国高等职业院校农林类《生物化学》教学大纲的基本要求,针对高职高专教育发展的特点,为培养农林类高等技术应用性人才组织编写了这本教材。

本教材拟定总教学时数为 68 学时,其中讲授为 40 学时,实验实训为 28 学时。

生物化学是农林类高职高专教育中一门重要的专业基础课。它对于学生学习后续课程,提高学生的综合素质,培养适应生产、管理、服务等第一线需要的应用性专门人才,具有十分重要的意义。

本教材简要介绍糖类、脂类、蛋白质、核酸、酶和维生素等的结构、性质、功能;主要介绍糖代谢、脂类代谢、蛋白质和氨基酸代谢、核酸和核苷酸代谢途径的基本知识。实验实训主要介绍分光光度计的使用技术、微量滴定技术、层析技术、电泳技术和有关实验等。本教材贯彻理论联系实际的原则,力求体现职业性、基础性、实用性和启发性,注意联系农业生产的实际。在叙述上力求做到深入浅出、通俗易懂、条理清晰;在内容选择上力求做到简明扼要。本教材章后都附有与人类生活息息相关或生物化学最新进展的阅读材料,以激发学生学习兴趣,扩大知识面。另外,每章后还附有复习思考题,以巩固所学知识。

本教材共分十章。绪论、第五、九章和实验七、八、十一、十二由潍坊职业学院胡洪禄编写;第三、十章和实验三、四由保定职业技术学院王彬编写;第二、四章和实验五、六由湖南生物机电职业技术学院李翠莲编写;第一、六章和实验一、二、九、十由黑龙江生物科技职业学院李煜编写;第七、八章和基本技能、综合实训由湖南怀化职业技术学院黄河编写;全书由胡洪禄负责统稿。山东大学陈冠军教授审稿,并对教材初稿提出宝贵意见,对此表示衷心的感谢。

本教材在编写中引用了一些资料和数据,在此对相关作者表示感谢。

由于编者学识水平所限,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 3 月

目 录

前言

绪论	1
----------	---

第一章 酶与维生素	4
-----------------	---

第一节 酶的概述	4
----------------	---

一、酶的概念	4
--------------	---

二、酶的性质	5
--------------	---

三、酶的分类和命名	6
-----------------	---

第二节 酶的作用机理	8
------------------	---

一、反应活化能与酶的催化作用	8
----------------------	---

二、中间产物学说	9
----------------	---

三、诱导契合学说	10
----------------	----

第三节 影响酶促反应速率的因素	10
-----------------------	----

一、底物浓度的影响	10
-----------------	----

二、酶浓度的影响	11
----------------	----

三、pH 的影响	11
----------------	----

四、温度的影响	12
---------------	----

五、激活剂和抑制剂的影响	13
--------------------	----

第四节 维生素与辅酶	15
------------------	----

一、水溶性维生素	15
----------------	----

二、脂溶性维生素	22
----------------	----

三、人与维生素	24
---------------	----

• 阅读材料	26
--------------	----

• 复习思考题	27
---------------	----

第二章 生物氧化	30
----------------	----

第一节 生物氧化概述	30
------------------	----

一、生物氧化的概念、特点和方式	30
-----------------------	----

二、自由能和氧化还原电位	31
三、高能化合物	33
第二节 电子传递链	35
一、电子传递链的组成及其功能	35
二、重要的电子传递链	37
三、电子传递链的抑制剂	37
第三节 氧化磷酸化作用	38
一、ATP 合成的两种途径	38
二、氧化磷酸化的偶联部位	38
三、氧化磷酸化的作用机理	39
四、氧化磷酸化的解偶联剂和抑制剂	40
五、线粒体的穿梭系统	41
第四节 其他氧化酶系统	42
一、多酚氧化酶系统	42
二、抗坏血酸氧化酶系统	43
三、细胞色素 P ₄₅₀ 系统	44
四、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶系统	44
五、植物抗氰氧化酶系统	45
• 阅读材料	45
• 复习思考题	46
第三章 糖类及糖代谢	48
第一节 糖类概述	48
一、单糖	48
二、寡糖	49
三、多糖	51
第二节 糖的分解代谢	53
一、糖的无氧分解	54
二、糖的有氧分解	60
三、磷酸戊糖途径	63
第三节 糖的合成代谢	66
一、单糖的生物合成	66
二、蔗糖的生物合成	73
三、淀粉的合成	74

• 阅读材料.....	74
• 复习思考题	76
第四章 脂类及脂类代谢	78
第一节 脂类概述	78
一、油脂.....	78
二、磷脂.....	81
第二节 脂肪的分解代谢.....	81
一、脂肪的酶促降解	81
二、甘油的氧化分解与转化	82
三、脂肪酸的氧化	82
四、乙醛酸循环	86
第三节 脂肪的合成代谢.....	88
一、3-磷酸甘油的合成	88
二、脂肪酸的生物合成.....	88
三、甘油三酯的生物合成	93
第四节 磷脂的代谢	94
一、磷脂酰乙醇胺（脑磷脂）的合成.....	94
二、磷脂酰胆碱的合成.....	95
• 阅读材料.....	95
• 复习思考题	97
第五章 蛋白质化学及氨基酸代谢	99
第一节 蛋白质化学	99
一、蛋白质的元素组成.....	99
二、蛋白质的氨基酸组成	99
三、蛋白质的结构	102
四、蛋白质的性质	104
第二节 氨基酸的分解代谢	106
一、脱氨基作用	106
二、脱羧基作用	108
三、氨基酸分解产物的代谢	109
第三节 氨基酸的合成代谢	112
一、生物固氮作用	113

二、硝酸盐还原作用	114
三、氨基酸的生物合成	115
• 阅读材料	117
• 复习思考题	118
第六章 核酸的化学	120
第一节 核酸的组成	121
一、戊糖	121
二、碱基	121
三、核苷与核苷酸	122
四、细胞内的其他核苷酸	124
第二节 核酸的结构	125
一、核酸的一级结构	125
二、核酸的空间结构	127
第三节 核酸的性质	131
一、核酸的物理性质	131
二、核酸的化学性质	131
• 阅读材料	133
• 复习思考题	134
第七章 核酸降解和核苷酸代谢	136
第一节 核酸的酶促降解	136
一、核酸外切酶	136
二、核酸内切酶	137
第二节 核苷酸的酶促降解	138
一、核苷酸的降解	138
二、嘌呤的降解	138
三、嘧啶的降解	139
第三节 核苷酸的生物合成	139
一、嘌呤核苷酸的生物合成	140
二、嘧啶核苷酸的生物合成	141
• 阅读材料	143
• 复习思考题	144

第八章 核酸的生物合成	146
第一节 DNA 的生物合成	146
一、复制	146
二、逆转录	149
三、突变	150
四、DNA 的损伤与修复	151
第二节 RNA 的生物合成	152
一、RNA 的转录	152
二、转录后加工	154
三、RNA 的复制	155
第三节 基因工程简介	155
一、基因工程概述	155
二、基因工程的发展	156
三、基因工程技术	157
四、基因工程的应用与展望	157
• 阅读材料	159
• 复习思考题	159
第九章 蛋白质的生物合成	161
第一节 蛋白质合成体系的重要组分	161
一、mRNA 与遗传密码	162
二、tRNA	164
三、rRNA 与核糖体	164
四、辅助因子	166
第二节 蛋白质的生物合成过程	166
一、氨基酸的活化	166
二、肽链合成的起始	167
三、肽链的延长	168
四、肽链合成的终止和释放	169
五、多核糖体	170
六、肽链合成后的加工与折叠	171
• 阅读材料	172
• 复习思考题	173

第十章 物质代谢的相互关系和调节控制	175
第一节 物质代谢的相互关系	175
一、糖代谢与脂代谢的相互关系	175
二、糖代谢与蛋白质代谢的相互关系	175
三、脂类代谢与蛋白质代谢的相互关系	176
四、核酸与糖、脂肪、蛋白质代谢的相互关系	177
第二节 物质代谢的调节控制	177
一、酶水平调节	177
二、细胞水平调节	178
三、激素水平调节	178
四、神经水平调节	179
• 复习思考题	179
实验实训	180
第一部分 基本技能	180
技能一 分光光度计的使用技术	180
技能二 微量滴定技术	185
技能三 层析技术	186
技能四 电泳技术	187
第二部分 实验内容	188
实验一 酶的特性实验	188
实验二 维生素 C 的定量测定	190
实验三 植物还原糖的测定	191
实验四 发酵过程中无机磷的利用	192
实验五 脂肪转化为糖的检验	193
实验六 植物粗脂肪的测定	194
实验七 氨基酸纸层析	196
实验八 大豆中甲硫氨酸含量的测定	198
实验九 核酸的定量测定	200
实验十 酵母 RNA 的提取	201
实验十一 大豆中蛋白质含量的测定	202
实验十二 醋酸纤维薄膜电泳	205
第三部分 综合实训	207

目 录

实训一 酵母 RNA 的提取、分离和鉴定	207
实训二 大豆蛋白质的提取分离	208
主要参考文献	210

绪 论

一、生物化学研究的对象和目的

生物化学是运用化学的原理和方法,研究生物体的物质组成和遵循化学规律所发生的一系列化学变化,进而揭示生命现象本质的一门科学。

地球上现存的生物大约有 200 多万种。如此众多的生物,几乎塞满了一切可以生存的空间,从北极到南极,从高山到深海,到处都有生物的存在。虽然它们具有多种多样的形态结构和变化多端的生活方式,但构成生物体的化学元素基本相同,它们都由 C、H、O、N、P、S 等元素组成。生物体除水和无机盐之外,活细胞的有机物可分为小分子和大分子两大类。前者主要有维生素、激素、各种代谢中间物以及合成生物大分子所需的氨基酸、核苷酸、单糖、脂肪酸和甘油等;后者包括多糖、蛋白质、核酸以及以结合状态存在的脂质等。其中最主要的是糖类、脂类、蛋白质和核酸等,通常把这些物质称为生物物质。它们在生物体内不断地进行着复杂而有规律的化学变化。

生物化学的研究对象为生命现象中的化学本质与过程,其主要任务是阐述构成生物体的基本物质(如糖类、脂类、蛋白质、核酸等)的组成、结构、性质及其在生命活动(如生长、生殖、代谢、运动等)过程中的变化规律。我们研究生物化学的目的并不限于了解上述现象,而在于运用生物化学的原理和方法,利用已经了解的知识去探索生物的生长、发育、遗传及变异等复杂生命现象的本质,以达到造福于人类的目的。

二、生物化学研究的内容

生物化学研究的内容,大致包括以下几个方面。

- (1) 生物体物质的组成、结构、性质和功能(静态生物化学)。
- (2) 生物体内的物质代谢、能量转换和代谢调控(动态生物化学)。
- (3) 生物分子的代谢和生物功能及生命现象之间的关系(信息生物化学)。
- (4) 运用生物化学原理和方法,开发富有价值的生物资源(酶制剂、药品、食品添加剂、杀虫杀菌剂等),为农业、工业、医药卫生及环境保护等服务。

本教材简要介绍酶及维生素、糖、脂类、蛋白质及核酸等静态生物化学方面的内容;主要介绍动态生物化学方面的基本知识,包括糖、脂类、蛋白质及

核酸等的生物合成与分解以及能量释放和利用；对于信息生物化学方面的内容，简要介绍核酸的自我复制和转录过程，核酸指导蛋白质合成的过程，以及生物突变体的形成机理。

三、生物化学与农业科学的关系

在现代生命科学领域中，生物化学是一门中心科学，它与其他各门学科有着密切的关系。生物化学是各门生物科学的基础，特别是生理学、微生物学、遗传学、细胞学、分子生物学、生物技术等各科的基础，它在生物科学中占有特别重要的位置。

生物化学与农业科学的关系极为密切，它与生理学、病理学和遗传学等相互交叉，相互印证。在农业科学的各个领域，都要求生物化学提供理论根据和解决问题的途径、办法。例如，研究植物新陈代谢的各种过程，就有可能控制植物的生长、发育，以获得高产、优质的农作物。

在农作物培育上，抗寒、抗旱、耐肥以及抗病虫害等作物品种的培育都离不开生物化学的理论根据和实验分析。在农业生产中，杀虫剂、杀菌剂、除草剂和激素等的研制和使用，都需要依据生物化学的理论来寻找解决问题的途径、办法。利用生物化学的理论和方法，研究植物新陈代谢的规律及各种外界因素对其新陈代谢的影响，我们就能设计出粮食、水果和蔬菜等贮藏保鲜的最佳方法。

总之，生物化学研究的重大成果，对农业、工业、畜牧业和医疗卫生等行业的发展产生着越来越广泛的影响，发挥着日益显著的作用。

四、生物化学的发展

生物化学的发展是同化学和生物学的发展密切相关的。在化学及生物学发展的影响下，生物化学在 18 世纪开始萌芽，19 世纪初步发展，到 19 世纪末期至 20 世纪初期，生物化学才成为一门独立的科学。

生物化学的发展大体可分为三个阶段。

第一阶段（静态生物化学阶段）：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。

第二阶段（动态生物化学阶段）：从 20 世纪 30 年代到 50 年代，主要是研究生物体内物质代谢途径。其间突出成就是确定了糖酵解、三羧酸循环以及脂肪酸分解等重要的分解代谢途径，阐明了氨基酸、嘌呤、嘧啶及脂肪酸等的生物合成途径。

第三阶段（机能生物化学阶段）：从 20 世纪 50 年代开始，主要是研究生

物大分子的结构与功能。在这一阶段,从1953年沃森和克里克提出DNA双螺旋结构以后,生物化学进入飞速发展时期,同时推动了生物科学各个领域向纵深水平发展,进而产生了分子生物学。

分子生物学在生命科学领域中起了巨大的作用,1973年重组DNA技术的成功,为基因工程的发展铺平了道路,根据人的意愿改造蛋白质结构的蛋白质工程已经成为现实。20世纪80年代以来,基因工程的进一步发展定向培育动物、植物和微生物良种以及有效地控制和治理一些人类遗传性疾病提供根本性的解决途径。

我国在生物化学方面的研究取得了重大成就。例如,1965年我国在世界上首次人工合成了具有生物活性的结晶牛胰岛素,它是一项划时代的贡献,为以后人工合成蛋白质开辟了道路;1972年我国对猪胰岛素X射线晶体 0.25 nm 及 0.18 nm 的分析研究,跨入了世界先进行列;1981年首次人工合成了具有生物活性的酵母丙氨酸转移核糖核酸,使我国在该领域的研究达到国际先进水平;2001年我国科学家绘制完成了人类基因组DNA分子的碱基排列顺序1%的测序任务,赢得了国际科学界的赞誉。

尽管我国在生物化学某些领域里取得了重大成就,但是,我们也应看到我国生物化学的研究水平在整体上与国际先进水平还有一定差距,还需要继续努力。我国是一个农业大国,保持我国农业的持续发展是我们面临的艰巨任务。作为将来从事农业生产的科技工作者,不仅要学习和掌握生物化学的基本知识,而且要运用生物化学的理论和技術,解决生产中存在的实际问题,为我国的经济建设做出应有的贡献。

通过本课程的学习,要求学生了解生物体的基本化学组成;理解其主要组成物质的结构、性质、功能及其在体内的合成、降解和相互转化等的代谢规律;掌握常用的生物化学研究方法;学会综合运用所学的基本理论知识和技术,解决生产中遇到的实际问题,并为学习后续课程打下良好基础。

第一章

酶与维生素

生物体生命活动的基本特征之一是它不断地进行新陈代谢，而新陈代谢是由各式各样的众多化学反应所组成，这些化学反应都是在常温、常压、酸碱适中的温和条件下迅速进行的。如果在实验室中进行这些反应，则需要高温、高压、强酸或强碱等剧烈条件，甚至有些反应还难以实现。这是因为生物体内含有一类特殊的催化剂——酶。

维生素是生物体内不可缺少的生理活性物质，它对机体的新陈代谢起促进和调节作用。维生素的生理作用经常和酶联系在一起，这是因为许多维生素是辅酶或辅基的组成成分，参与酶的催化作用。

第一节 酶的概述

生物体为了维持生命活动，体内进行着一系列复杂而有规律的反应。这些反应都是在酶的催化下进行的。可以说，酶和生命活动密切相关，它几乎参与了所有的生命活动过程。

一、酶的概念

酶是由生物活细胞产生，以蛋白质为主要成分的生物催化剂。人们对酶的认识来源于生产和生活实践。1833年，佩恩（Payen）和普森（Persoz）从麦芽的水溶液中得到一种对热敏感的物质，可以使淀粉水解成可溶性糖，他们称为淀粉糖化酶。1926年，美国化学家萨姆纳（Sumner）从刀豆中提取出脲酶，并获得了结晶。他证明脲酶具有蛋白质的性质，并提出了脲酶由蛋白质组成。1930—1936年，诺斯普（Northrop）和克内兹（Kunitz）得到了胃蛋白酶、胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶的结晶，并通过相应的实验方法证明酶是蛋白质。至此酶的本质是蛋白质的观点被人们普遍接受。

酶是蛋白质，按化学组成可以分为单纯蛋白酶和结合蛋白酶。淀粉酶、脂肪酶和蛋白酶等水解酶类是单纯蛋白酶，而转氨酶、乳酸脱氢酶等是结合蛋白酶。在结合蛋白酶中，除蛋白质组分外，还有对热稳定的非蛋白质小分子或金属离子。其中蛋白质组分称为酶蛋白，非蛋白质组分称辅因子，酶蛋白和辅因