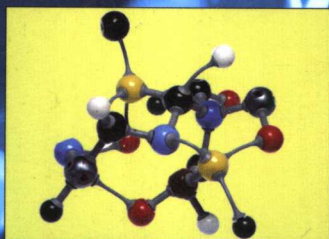


全国高等农林院校“十一五”规划教材  
高等农林院校生命科学类系列教材

# 基础生物化学 (第2版)

王金胜 主编



中国林业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材  
高等农林院校生命科学类系列教材

# 基础生物化学

(第2版)

王金胜 主编

中国林业出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

基础生物化学/王金胜主编. -2版. -北京:中国林业出版社,2006.8  
(全国高等农林院校“十一五”规划教材,高等农林院校生命科学类系列教材)  
ISBN 7-5038-4558-9

I. 基… II. 王… III. 生物化学-高等学校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 101106 号

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

E-mail forestbook@163.com 电话 010-66162880

网址 www.cfph.com.cn

发行 中国林业出版社

印刷 北京林业大学印刷厂

版次 2003年9月第1版

2006年8月第2版

印次 2006年8月第1次

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 25

字数 546千字

印数 1~5000册

定价 32.00元

高等农林院校生命科学类系列教材

## 编写指导委员会

顾问：谢联辉

主任：尹伟伦 董常生 马峙英

副主任：林文雄 张志翔 李长萍 董金皋 方伟 徐小英

编委：(以姓氏笔画为序)

马峙英	王冬梅	王宗华	王金胜	王维中	方伟
尹伟伦	关雄	刘国振	张志翔	张志毅	李凤兰
李长萍	李生才	李俊清	李国柱	李存东	杨长峰
杨敏生	林文雄	郑彩霞	胡德夫	郝利平	徐小英
徐继忠	顾红雅	蒋湘宁	董金皋	董常生	谢联辉
童再康	潘大仁	魏中一			

全国高等农林院校“十一五”规划教材  
高等农林院校生命科学类系列教材

## 《基础生物化学》编写组

主 编 王金胜  
副主编 王冬梅 郭春绒 周 洁  
编著者 (以姓氏笔画为序)

马静芳 (甘肃农业大学)  
王冬梅 (河北农业大学)  
王金胜 (山西农业大学)  
刘建东 (山西农业大学)  
孙庆林 (内蒙古农业大学)  
孙晓红 (莱阳农学院)  
杨致芬 (山西农业大学)  
张 勇 (莱阳农学院)  
陈疏影 (云南农业大学)  
范月仙 (山西农业大学)  
周 洁 (福建农林大学)  
高 玲 (莱阳农学院)  
郭春绒 (山西农业大学)  
潘登奎 (山西农业大学)  
魏中一 (湖北农学院)  
魏建民 (内蒙古农业大学)

## 出版说明

进入 21 世纪以来, 生命科学日新月异, 向人们展现出了丰富多彩的生命世界及诱人的发展前景, 生命科学已成为高等院校各相关专业关注的焦点, 包括理科、工科和文科在内的各个学科相继酝酿、开设了与生命科学相关的课程。为贯彻和落实教育部“十一五”规划高等学校课程体系改革的精神, 满足农林院校中生物专业和非生物专业教学的需要, 中国林业出版社与北京林业大学、福建农林大学、山西农业大学、河北农业大学、浙江林学院等院校共同组织了各院校相关学科的资深教师编写了这套适合于高等农林院校使用的生命科学类系列教材, 并希望成为一套内容全面、语言精炼的生命科学的基础教材。

本系列教材系统介绍了现代生命科学的基本概念、原理、重要的科学分支及其研究新进展以及研究技术与方法。我们期望这套系列教材不仅可以使农林院校的学生了解生命科学的基础知识和研究的新进展, 激发学生们对生命科学研究的兴趣, 而且可以引导他们从各自的研究领域出发, 对各种生命现象从不同的角度进行深入的思考和研究, 以实现各领域的合作, 推动学科间的协同发展。

近几年来, 各有关农林院校的一大批长期从事生物学、生态学、遗传学以及分子生物学等领域的教学和科研工作的留学归国人员及骨干教师, 他们在出色完成繁重的教学和科研任务的同时, 均亲自参与了本系列教材的编撰工作, 为系列教材的编著出版付出了大量的心血。各有关农林院校的党政领导和教务处领导对本系列教材的组织编撰都给予了极大的支持和关注。在此谨对他们表示衷心的感谢。

生命科学的分支学科层出不穷, 生命科学领域内容浩瀚、日新月异, 且由于我们的知识构成和水平的限制, 书中不足之处在所难免, 恳请广大读者和同行批评指正。

高等农林院校生命科学类系列教材  
编写指导委员会  
2006年5月18日

# 前 言

生物化学是现代生物学的基础，是生命科学发展的支柱，是生命科学领域的“世界语”。因此，奠定坚实的生物化学基础是农业科学、生命科学学生和科技工作者的共同需要。

本教材的第1版是在“基础生物化学教学大纲”基础上，根据生物化学的发展，结合参编院校的教学实践，并在吸取国内主要农业院校的教学经验的基础上编写的。可作为农林院校生物类、农学类各专业生物化学课的教材，也可供其他专业的学生及研究生、教师和科技工作者参考。在编写过程中，为了能尽快反映现代生物化学的面貌和水平，将新进展、新成果及时介绍给学生，我们集中讨论制定了编写大纲，根据各编著者学术上的专长，分别编写各有关章节。编写本教材总的指导思想是，根据农林院校生物类、农学类各专业对生物化学的要求，结合本学科的最新成就，内容既要有学生必须掌握的基础知识、基本理论和基本技能，又要尽可能地反映现代生物化学的新成果、新进展；既要使本教材的内容成为一个完整的丰富的体系，又要兼顾学科之间的相互交叉和相互渗透。目的是使学生既能掌握生物化学的基本内容，又能开拓其思路 and 知识领域。

经过几年的使用，《基础生物化学》（第1版）得到了使用院校的肯定，同时也发现了一些不足，特别是生物化学发展迅速，有些概念、理论需及时修正、充实。因此我们对本教材编写队伍进行了充实，接纳了一些学校的教学骨干，使编写力量进一步加强。编写的指导思想与第1版相同，编写原则是继承成熟的内容体系，力求第2版更加先进、实用。在此基础上，对本教材进行了全面的勘误、改错、补充、修订。使本教材的图文更加准确，内容更加全面，介绍了新的概念和理论，反映了新的成果和进展。

本教材体系与第1版相同，共分十二章，第一章至第四章为蛋白质、核酸、酶及生物膜的结构、功能和性质，即生物化学的静态部分；第五章以后为物质的代谢和调节，即生物化学的动态部分。本教材中重要术语在第一次出现时附有英文，所用术语的英文名及缩写主要以科学出版社出版的《英汉汉英生物化学词汇》（沈昭文等主编，1998）为根据，有争议内容以高等教育出版社出版的《生物化学》（王镜岩等主编，2002）为标准。为了便于学生学习，各章均编有学习要点，章末附有思考题、推荐阅读资料和参考文献。

由于编写时间短，加之编者的水平有限，本教材中定有不少缺点和错误，恳请读者予以批评指正。

编 者  
2006年8月

# 目 录

绪 论 .....	(1)
<b>第一章 蛋白质化学 .....</b>	<b>(6)</b>
第一节 蛋白质的元素组成 .....	(7)
第二节 氨基酸 .....	(7)
一、蛋白质氨基酸 .....	(7)
二、非蛋白氨基酸 .....	(11)
三、氨基酸的重要性质 .....	(13)
四、氨基酸的分离和分析鉴定 .....	(19)
第三节 肽 .....	(20)
一、肽的概念 .....	(20)
二、重要的寡肽及应用 .....	(21)
第四节 蛋白质的结构 .....	(22)
一、蛋白质的一级结构 .....	(22)
二、蛋白质的空间结构 .....	(27)
第五节 蛋白质结构与功能的关系 .....	(38)
一、蛋白质一级结构与生物学功能 .....	(38)
二、蛋白质空间结构与功能的关系 .....	(41)
第六节 蛋白质的重要性质 .....	(44)
一、蛋白质的分子量 .....	(44)
二、蛋白质的两性电离和等电点 .....	(44)
三、蛋白质的胶体性质 .....	(46)
四、蛋白质的沉淀反应 .....	(47)
五、蛋白质的变性 .....	(48)
六、蛋白质的紫外吸收 .....	(49)
七、蛋白质的颜色反应 .....	(49)
第七节 蛋白质的分类 .....	(50)
一、简单蛋白质 .....	(50)
二、结合蛋白质 .....	(51)
第八节 蛋白质的分离纯化 .....	(51)
一、蛋白质分离纯化的一般原则 .....	(51)
二、分离纯化蛋白质的基本原理 .....	(52)



三、蛋白质纯度的鉴定 .....	(54)
思考题 .....	(55)
推荐阅读材料 .....	(55)
参考文献 .....	(55)
<b>第二章 核酸化学 .....</b>	<b>(56)</b>
第一节 核酸的种类、分布与化学组成 .....	(58)
一、核酸的种类和分布 .....	(58)
二、核酸的化学组成 .....	(58)
三、核酸的生物学功能 .....	(63)
第二节 核酸的分子结构 .....	(64)
一、DNA 的分子结构 .....	(64)
二、RNA 的分子结构 .....	(71)
三、核酸的序列分析 .....	(76)
第三节 核酸的理化性质及分离提纯 .....	(77)
一、核酸的一般性质 .....	(77)
二、核酸的变性、复性及分子杂交 .....	(80)
三、核酸的分离提纯 .....	(82)
思考题 .....	(82)
推荐阅读材料 .....	(83)
参考文献 .....	(83)
<b>第三章 酶 .....</b>	<b>(84)</b>
第一节 酶的概念 .....	(84)
一、酶的概念 .....	(84)
二、酶的催化特点 .....	(85)
三、酶作用的专一性 .....	(86)
四、酶的化学组成 .....	(88)
第二节 酶的命名和分类 .....	(89)
一、酶的命名 .....	(89)
二、酶的分类 .....	(89)
第三节 酶的作用机理 .....	(91)
一、酶的活性中心 .....	(92)
二、酶与底物分子的结合 .....	(93)
三、活化能与降低酶促反应活化能有关的因素 .....	(94)
四、酶促反应实例：羧肽酶 A .....	(99)

第四节 影响酶促反应速度的因素	(101)
一、反应速度与酶活力, 酶的活力单位和酶的比活力	(101)
二、底物浓度对酶促反应速度的影响	(102)
三、酶浓度对酶促反应速度的影响	(107)
四、温度对酶促反应速度的影响	(107)
五、pH 值对酶促反应速度的影响	(108)
六、激活剂对酶促反应速度的影响	(109)
七、抑制剂对酶促反应速度的影响	(110)
第五节 调节酶类	(114)
一、别构酶	(114)
二、同工酶	(117)
三、共价修饰调节酶	(119)
四、酶原及其激活	(120)
第六节 核酶和抗体酶	(121)
第七节 酶的分离提纯及酶的应用	(121)
一、酶分离提纯的一般原则	(122)
二、酶的应用	(123)
第八节 酶工程	(125)
一、酶工程的概念及研究内容	(125)
二、酶工程的应用	(125)
第九节 辅酶和维生素	(127)
一、辅酶 I、II 和维生素 PP	(128)
二、黄酶的辅基和维生素 B <sub>2</sub>	(130)
三、脱羧辅酶和维生素 B <sub>1</sub>	(131)
四、泛酸	(131)
五、硫辛酸	(132)
六、辅酶 Q	(132)
七、氨基酸转氨酶、脱羧酶和维生素 B <sub>6</sub>	(133)
八、羧化酶辅基和生物素	(134)
九、叶酸	(134)
十、维生素 C	(135)
思考题	(136)
推荐阅读材料	(137)
参考文献	(137)

## 第四章 生物膜的结构与功能 ..... (138)

第一节 生物膜的组成 .....	(138)
一、膜脂 .....	(139)
二、膜蛋白 .....	(142)
三、糖类 .....	(143)
四、其他膜组分 .....	(143)
第二节 生物膜的结构 .....	(144)
一、生物膜结构的主要特征 .....	(144)
二、生物膜的结构模型 .....	(147)
第三节 生物膜的功能 .....	(148)
一、物质运输 .....	(148)
二、生物膜上能量传递和转换 .....	(153)
三、膜上信号受体和过膜信号传递 .....	(153)
四、识别功能 .....	(154)
思考题 .....	(154)
推荐阅读材料 .....	(154)
参考文献 .....	(155)

## 第五章 生物氧化 ..... (156)

第一节 生物氧化概述 .....	(156)
一、生物氧化的概念 .....	(156)
二、生物氧化中有关的酶类 .....	(159)
三、自由能与氧化还原电位 .....	(161)
四、高能化合物 .....	(163)
第二节 电子传递链 .....	(168)
一、电子传递链的概念和部位 .....	(168)
二、电子传递链的组分 .....	(168)
三、电子传递链及其工作机理 .....	(172)
四、电子传递抑制剂 .....	(178)
第三节 氧化磷酸化作用 .....	(179)
一、氧化磷酸化作用的类型 .....	(179)
二、氧化磷酸化作用的偶联部位 .....	(180)
三、ATP合酶 .....	(181)
四、氧化磷酸化机理 .....	(182)
五、氧化磷酸化的控制及其解偶联剂、抑制剂 .....	(185)

六、NADH 氧化磷酸化和 ATP、ADP、无机磷酸的运输	(187)
七、ATP 能量的利用与贮存	(189)
八、细胞内 ATP 含量的调节	(190)
第四节 活性氧	(191)
一、活性氧的种类、产生及作用	(192)
二、活性氧的清除	(194)
思考题	(195)
推荐阅读材料	(195)
参考文献	(195)
<b>第六章 糖类代谢</b>	<b>(196)</b>
第一节 生物体内的糖类化合物	(197)
一、单糖	(197)
二、寡糖与多糖	(197)
第二节 双糖和多糖的酶促降解	(198)
一、双糖的酶促降解	(198)
二、淀粉、糖原的酶促降解	(200)
第三节 糖酵解	(203)
一、糖酵解的概念	(203)
二、糖酵解的生化历程	(203)
三、化学计量与生物意义	(207)
四、糖酵解的调控	(209)
五、丙酮酸的去路	(210)
第四节 三羧酸循环	(211)
一、丙酮酸的氧化脱羧——三羧酸循环的准备阶段	(211)
二、三羧酸循环	(213)
三、丙酮酸氧化脱羧及三羧酸循环中的 ATP 的形成	(218)
四、丙酮酸氧化脱羧及三羧酸循环的调控	(219)
五、三羧酸循环的生物学意义	(220)
第五节 磷酸戊糖途径	(221)
一、反应历程	(221)
二、化学计量与生物学意义	(224)
三、磷酸戊糖途径的调控	(225)
第六节 糖的异生作用	(225)
一、糖异生的途径	(226)
二、非糖物质进入糖异生途径	(228)
三、糖异生作用的生物学意义	(228)

四、糖异生作用的调控 .....	(228)
第七节 蔗糖和多糖的生物合成 .....	(229)
一、活化的单糖基供体及其相互转化 .....	(229)
二、蔗糖的生物合成 .....	(230)
三、淀粉的生物合成 .....	(231)
思考题 .....	(233)
推荐阅读材料 .....	(234)
参考文献 .....	(234)

## 第七章 脂质代谢 .....

第一节 植物体内的脂质及其功能 .....	(236)
一、脂质的种类 .....	(236)
二、脂质的生理功能 .....	(237)
第二节 三酰甘油的降解 .....	(238)
一、三酰甘油的酶促水解 .....	(238)
二、甘油的转化及降解 .....	(238)
三、脂肪酸的氧化分解 .....	(239)
四、乙醛酸循环 .....	(243)
五、脂肪酸氧化的调节 .....	(245)
第三节 三酰甘油的合成代谢 .....	(246)
一、 $\alpha$ -磷酸甘油的形成 .....	(246)
二、脂肪酸的生物合成 .....	(246)
三、三脂酰甘油的合成 .....	(254)
四、磷脂合成概述 .....	(254)
五、脂肪酸合成的调节 .....	(255)
思考题 .....	(255)
推荐阅读材料 .....	(255)
参考文献 .....	(255)

## 第八章 核酸的酶促降解和核苷酸代谢 .....

第一节 核酸的酶促降解 .....	(257)
一、核酸外切酶 .....	(257)
二、核酸内切酶 .....	(258)
三、核酸限制性内切酶 .....	(258)
第二节 核苷酸的分解代谢 .....	(260)
一、核苷酸和核苷的降解 .....	(260)
第三节 核苷酸的合成代谢 .....	(262)

一、嘌呤核苷酸的生物合成 .....	(262)
二、嘧啶核苷酸的生物合成 .....	(266)
三、脱氧核糖核苷酸的生物合成 .....	(268)
思考题 .....	(270)
推荐阅读材料 .....	(271)
参考文献 .....	(271)
<b>第九章 蛋白质的酶促降解和氨基酸代谢 .....</b>	<b>(272)</b>
第一节 蛋白质的降解 .....	(272)
一、肽链内切酶 .....	(273)
二、肽链端解酶 .....	(273)
第二节 氨基酸的分解与转化 .....	(274)
一、氨基酸的脱氨基作用 (deamination) .....	(274)
二、氨基酸的脱羧基作用 (decarboxylation) .....	(277)
三、氨基酸分解产物的去向 .....	(278)
第三节 氨基酸的生物合成 .....	(284)
一、氨的来源 .....	(284)
二、氨的同化 .....	(290)
三、碳架来源 .....	(292)
四、氨基酸的生物合成 .....	(292)
第四节 一碳单位代谢 .....	(299)
一、一碳基团的概念及其生物学意义 .....	(299)
二、一碳单位的种类和生成 .....	(299)
思考题 .....	(301)
推荐阅读材料 .....	(301)
参考文献 .....	(301)
<b>第十章 核酸的生物合成 .....</b>	<b>(302)</b>
第一节 DNA 的生物合成 .....	(303)
一、DNA 的半保留复制 .....	(303)
二、DNA 复制所需的酶和蛋白质因子 .....	(304)
三、DNA 的复制过程 .....	(310)
四、真核细胞的 DNA 复制特点 .....	(314)
五、反转录 .....	(315)
六、DNA 的人工合成 .....	(315)
第二节 DNA 的损伤与修复 .....	(316)
一、突 变 .....	(317)

二、修 复 .....	(317)
第三节 RNA 的生物合成 .....	(319)
一、不对称转录 .....	(319)
二、RNA 聚合酶 .....	(320)
三、RNA 的合成过程 .....	(320)
四、真核生物转录的特点 .....	(323)
五、转录过程的抑制剂 .....	(324)
六、RNA 的转录后加工 .....	(325)
七、RNA 的剪接、编辑和再编码 .....	(329)
八、RNA 的复制 .....	(333)
第四节 基因工程简介 .....	(334)
一、基因的取得 .....	(334)
二、基因载体 .....	(335)
三、受体细胞、转化和筛选 .....	(335)
四、基因工程的应用 .....	(336)
思考题 .....	(337)
推荐阅读材料 .....	(337)
参考文献 .....	(337)

## **第十一章 蛋白质生物合成 .....** (339)

第一节 蛋白质合成体系的重要组分 .....	(340)
一、mRNA: 蛋白质合成的模板 .....	(340)
二、核糖体: 蛋白质合成的场所 .....	(342)
三、tRNA: 氨基酸运载工具 .....	(344)
第二节 蛋白质合成的机理 .....	(346)
一、氨基酸的活化 (氨酰 tRNA 的合成) .....	(346)
二、肽链合成的起始 .....	(347)
三、大肠杆菌中肽链的延伸 .....	(349)
四、肽链合成的终止与释放 .....	(351)
五、多核糖体 .....	(352)
第三节 肽链合成后的修饰 .....	(353)
第四节 真核细胞蛋白质生物合成 .....	(354)
第五节 蛋白质构象的形成 .....	(356)
第六节 蛋白质合成后的运送 .....	(356)
一、蛋白质的分选信号 .....	(356)
二、蛋白质的运送类型 .....	(357)

三、蛋白质的运输方式 .....	(358)
思考题 .....	(358)
推荐阅读材料 .....	(359)
参考文献 .....	(359)
<b>第十二章 物质代谢的联系与调节 .....</b>	<b>(360)</b>
第一节 物质代谢的相互关系 .....	(360)
一、糖代谢与蛋白质代谢的相互关系 .....	(360)
二、糖代谢与脂代谢的相互关系 .....	(361)
三、脂类代谢与蛋白质代谢的相互联系 .....	(361)
四、核酸代谢与糖、脂肪及蛋白质代谢的相互联系 .....	(362)
第二节 代谢调节 .....	(363)
一、代谢调节的不同水平 .....	(363)
二、分子水平调节 .....	(363)
三、细胞水平调节 .....	(374)
四、激素调节 .....	(375)
思考题 .....	(376)
推荐阅读材料 .....	(376)
参考文献 .....	(376)
<b>附录 1952 ~ 2002 年有关生物化学研究的诺贝尔奖获奖名录 .....</b>	<b>(377)</b>



# 绪 论

---

## 一、生物化学的概念、研究对象和内容

生物化学是研究生命现象化学本质的科学。或者说，生物化学是用物理的、化学的原理与技术，从分子水平来研究生物体的化学组成、生命活动的基本规律及其调节方式，从而阐明生命现象化学本质的一门科学。

根据研究对象的不同，生物化学又可分为人体生物化学、动物生物化学、植物生物化学、微生物生物化学等。

研究生物体化学本质的一个基本任务是了解有机体的化学组成。生物体的基本化学元素组成有碳、氢、氧、氮、硫、磷和少量的其他元素。这些元素可以构成各种各样的含碳有机化合物，其中最主要的是蛋白质、核酸、多糖和脂类。由于这些化合物的分子量很大，所以称为生物大分子 (biological macromolecule)。此外，生物体内还有其他有机物 (如可溶性糖、有机酸、生物碱、维生素和激素等) 和无机离子。本书第一、二章介绍了蛋白质和核酸这两类最重要的生物大分子的结构、性质及生物功能。第三章介绍了奇妙的生物催化剂——酶的结构、性质和催化机理。

生物的基本单位是细胞，细胞的一个显著特点是它的内部活动和周围环境的关系要受到细胞表面的生物膜的严格调控。或者说，生物膜是物质流、能量流和信息流进出细胞的门户。本书在第四章介绍了生物膜的组成、结构和功能。

生物体通过呼吸作用有控制地、逐步地将部分光合产物氧化分解成二氧化碳和水。在这一过程中释放的能量约有 40% ~ 60% 被用来合成生物能量通货“ATP”，其余能量以热的形式散失。ATP 随即被植物以不同方式利用，如用于主动吸收和物质运输，或用来合成多糖、脂肪、蛋白质、核酸等。本书第五章讨论了电子传递链及氧化磷酸化作用机理。

生物体具有高度有序的复杂结构，为了复制、维持这些结构，生物必须不断与环境进行物质交换，从这种新陈代谢中取得所需的物质和能量。因此，新陈代谢是有机体生命活动的基础。生物机体可以把从外界摄取的营养物质，经过加工和改造，转变为自身的组成成分，这一过程叫做合成代谢 (anabolism) 或同化作用 (assimilation)。绿色植物和光合细菌通过光合作用，利用太阳的辐射能，把  $\text{CO}_2$  和水转变为碳水化合物或其他形式的化学能，不仅用来滋养植物体本身，也用来滋养动物和大多数微生物。另一方面，生物体原有的物质和摄取的营养成分，又经常不断地进行分解，转变为较简单的化合物，并释放出部分能量。这些