

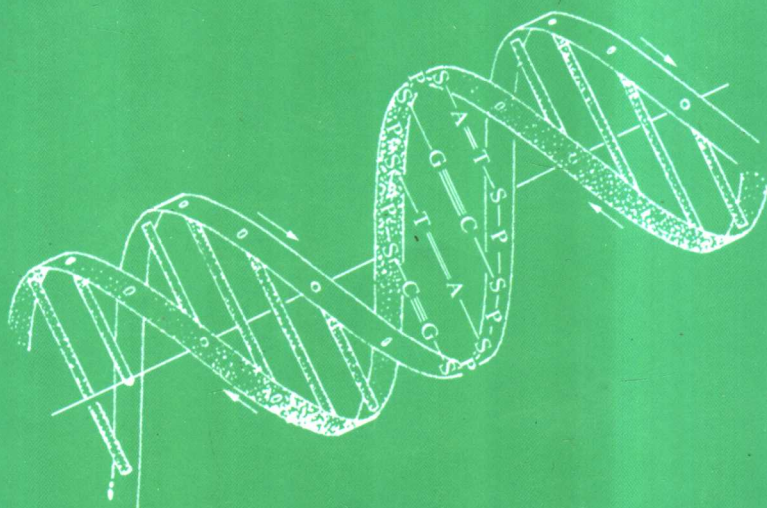
普通高等教育“十一五”精品课程建设教材

动物

DONGWUSHENGWUHUAXUE

生物化学

马冬梅 赵艳 主编



中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

动物生物化学/马冬梅,赵艳主编. —北京:中国农业大学出版社,2006.9
普通高等教育“十一五”精品课程建设教材
ISBN 7-81117-059-0

I. 动… II. ①马…②赵… III. 动物学:生物化学 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 082732 号

书 名 动物生物化学
作 者 马冬梅 赵 艳 主编

策划编辑 申 鑫 赵 中

责任编辑 韩元凤 王艳欣

封面设计 郑 川

责任校对 韩元凤 王艳欣

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100094

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

E-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 21.5 印张 509 千字

印 数 1~2 500

定 价 28.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编 马冬梅 赵 艳

副主编 刘 伟

编 者 (按姓氏笔画排序)

马冬梅(锦州医学院)

刘 伟(锦州医学院)

吴笳笛(锦州医学院)

赵 艳(锦州医学院)

审 稿 陈晓平(吉林农业大学)

前 言

随着现代科技的发展,《动物生物化学》已经成为生命科学中各学科的重要支柱,被认为是 21 世纪生命科学的基础及前沿科学,也是农业院校动物科学、动物医学及相关专业的重要基础课。

本教材在编写方法上,力争突出基本知识和基本概念,重点阐述家畜、家禽的代谢规律,也写入了一些与动物科学、动物医学及相关专业有关的异常代谢障碍性疾病等内容。由于分子生物学的快速发展,还简要介绍了现代生物化学发展中的一些重要新成就,目的是更好地适应当前畜牧业发展的需要。

本教材的计划学时数为 70 学时,其中讲授 50 学时,实践技能培训 20 学时,适用于动物科学、动物医学及相关专业本科教学。在内容编排上本教材力求适应教师、学生的自学需要,每章后都编写了复习思考题。编写分工是:绪论、第一章、第六章、第九章由马冬梅编写;第二章、第七章、第八章由赵艳编写;第三章、第四章、第五章由吴笏笛编写;第十章、第十一章、实践技能培训及附录由刘伟编写。全书由马冬梅统稿。聂玲玲参与了实践技能培训部分的审稿工作。

教材编写过程中,参阅了大量的学术专著,最后全书由吉林农业大学陈晓平教授审稿。由于水平有限,加之时间较紧,在教材的编写过程中缺点和错误一定不少。我们渴望读者在阅读过程中多提宝贵意见,并及时反馈给我们。在此我们一并表示感谢。

编 者

2006 年 6 月

目 录

绪论	(1)
一、生物化学的概念	(1)
二、生物化学发展简史	(1)
三、生物化学研究的主要内容	(2)
四、生物化学与畜牧兽医学	(3)
第一章 核酸化学	(5)
第一节 核酸的化学组成	(5)
一、核酸的元素组成	(5)
二、核酸完全水解的产物	(5)
三、核酸的基本单位——核苷酸	(6)
四、细胞内重要的游离核苷酸	(9)
第二节 核酸的结构	(10)
一、核酸的一级结构	(10)
二、核酸的空间结构	(11)
第三节 核酸的理化性质	(21)
一、核酸的一般性质	(21)
二、核酸的紫外吸收	(22)
三、核酸的沉降特性	(23)
四、核酸的变性、复性和分子杂交	(23)
复习思考题	(25)
第二章 蛋白质化学	(26)
第一节 蛋白质的化学组成	(26)
一、蛋白质的元素组成	(26)
二、蛋白质的基本结构单位——氨基酸	(26)
第二节 蛋白质的分子结构	(30)
一、肽	(30)
二、蛋白质的一级结构	(32)
三、蛋白质的空间结构	(34)
第三节 蛋白质结构与功能的关系	(40)
一、一级结构是空间构象的基础	(40)
二、蛋白质一级结构与功能的关系	(40)
三、蛋白质空间结构与功能的关系	(43)
第四节 蛋白质的理化性质	(45)
一、蛋白质的两性解离和等电点	(45)

二、蛋白质的胶体性质	(46)
三、蛋白质的变性	(47)
四、蛋白质的沉淀	(47)
五、蛋白质的呈色反应	(48)
六、蛋白质的分离提纯	(49)
第五节 蛋白质的分类	(50)
一、简单蛋白质	(50)
二、结合蛋白质	(51)
复习思考题	(51)
第三章 酶与维生素	(52)
第一节 酶学基础	(52)
一、酶的概念	(52)
二、酶的特点	(52)
三、酶的化学本质	(53)
四、酶的分子组成	(53)
五、酶的分子结构	(54)
六、酶的分类、命名与活力	(58)
第二节 酶的作用机理	(61)
一、酶作用与分子活化能的关系	(61)
二、酶作用的基本原理	(61)
第三节 影响酶促反应速度的因素	(63)
一、底物浓度对酶促反应速度的影响	(64)
二、酶浓度的影响	(65)
三、温度的影响	(65)
四、pH 值的影响	(66)
五、激活剂的影响	(67)
六、抑制剂的影响	(67)
第四节 维生素与辅酶	(70)
一、维生素概述	(70)
二、水溶性维生素与辅酶	(71)
三、脂溶性维生素	(76)
第五节 酶工程简介	(76)
一、酶工程概述	(76)
二、酶法分析的应用	(78)
三、酶制剂的应用	(79)
复习思考题	(80)
第四章 生物氧化	(82)
第一节 生物氧化概述	(82)

一、生物氧化的概念和特点	(82)
二、生物氧化的方式	(82)
三、生物氧化的类型	(83)
四、生物氧化中 CO ₂ 的生成	(84)
第二节 电子传递链(呼吸链)	(85)
一、呼吸链及其组成	(85)
二、呼吸链各组分的作用机理	(86)
三、动物体内重要的呼吸链	(88)
第三节 氧化磷酸化	(89)
一、高能化合物	(89)
二、ATP 的生成方式	(90)
三、胞液中 NADH 的氧化	(93)
四、能量的转移、贮存和利用	(94)
复习思考题	(95)
第五章 糖代谢	(96)
第一节 糖在动物体内的代谢概况	(96)
一、糖代谢的动态	(96)
二、血糖	(96)
第二节 多糖和双糖的酶促降解	(97)
一、多糖的降解	(97)
二、双糖的降解	(100)
第二节 糖的分解代谢	(100)
一、无氧分解	(100)
二、糖的有氧分解	(106)
三、磷酸戊糖途径(HMP)	(111)
第三节 糖的合成代谢	(114)
一、糖异生作用	(114)
二、糖原的合成	(115)
复习思考题	(117)
第六章 脂类代谢	(118)
第一节 脂类代谢概述	(118)
一、脂类的生理功能	(118)
二、脂类的贮存、动员和运输	(119)
第二节 脂肪的代谢	(122)
一、脂肪的分解代谢	(122)
二、脂肪的合成代谢	(130)
第三节 类脂的代谢	(135)
一、磷脂的代谢	(135)

二、胆固醇的代谢	(136)
复习思考题	(139)
第七章 氨基酸的代谢	(140)
第一节 蛋白质的生理功能	(140)
第二节 蛋白质的营养价值	(140)
一、氮平衡	(140)
二、必需氨基酸与蛋白质的营养价值	(141)
第三节 氨基酸的分解代谢	(142)
一、蛋白质的消化与吸收	(142)
二、氨基酸的来源与去路	(143)
三、氨基酸的脱氨基作用	(144)
四、氨基酸的脱羧基作用	(147)
五、氨基酸分解产物的代谢	(150)
六、其他重要氨基酸代谢	(155)
第四节 氨基酸的合成代谢	(162)
复习思考题	(164)
第八章 核苷酸的代谢	(165)
第一节 核苷酸的合成代谢	(166)
一、嘌呤核苷酸的合成代谢	(166)
二、嘧啶核苷酸的合成代谢	(171)
第二节 核酸的分解代谢	(174)
一、嘌呤核苷酸的分解代谢	(174)
二、嘧啶核苷酸的分解代谢	(175)
复习思考题	(175)
第九章 核酸与蛋白质的合成代谢	(176)
第一节 DNA 的生物合成	(176)
一、DNA 的复制	(176)
二、DNA 复制的过程	(184)
三、DNA 的突变(损伤)与修复	(190)
四、反向转录作用(RNA 指导下的 DNA 合成)	(194)
第二节 RNA 的生物合成	(195)
一、RNA 的转录作用	(195)
二、RNA 转录后的加工成熟	(199)
三、真核生物的转录后加工修饰	(201)
四、催化活性 RNA 的发现	(206)
第三节 蛋白质的生物合成	(209)
一、参与蛋白质生物合成的物质	(209)
二、蛋白质生物合成的过程(翻译)	(217)

三、真核生物蛋白质的合成	(224)
四、翻译后的加工	(224)
五、蛋白质合成后的靶向输送	(225)
六、基因表达	(227)
第四节 分子生物学技术	(234)
一、DNA 核苷酸顺序测定	(234)
二、DNA 重组技术	(234)
三、PCR 技术	(239)
四、转基因技术	(240)
五、体细胞克隆技术	(241)
六、DNA 指纹技术	(241)
七、人类基因组计划	(243)
八、蛋白质工程	(244)
复习思考题	(245)
第十章 物质代谢的相互关系与调节	(246)
第一节 物质代谢的特点	(246)
一、整体性	(246)
二、代谢调节	(246)
三、各组织、器官物质代谢各具特色	(246)
四、各种代谢物均具有各自共同的代谢池	(247)
五、ATP 是机体能量利用的共同形式	(247)
六、NADPH 是合成代谢所需的供氢体	(247)
第二节 糖、脂、蛋白质和核酸代谢的相互关系	(247)
一、糖代谢与脂类代谢的相互关系	(247)
二、蛋白质代谢与糖代谢的相互关系	(248)
三、蛋白质代谢与脂类代谢的相互关系	(248)
四、核酸与其他物质代谢的相互联系	(249)
第三节 物质代谢调节	(249)
一、细胞水平的代谢调节	(251)
二、激素对物质代谢的调节	(259)
三、整体水平的代谢调节	(261)
复习思考题	(262)
第十一章 血液生化与肝脏生化	(263)
第一节 血液化学成分概述	(263)
第二节 血浆蛋白质	(264)
一、血浆蛋白质的分类及含量	(264)
二、血浆中的主要蛋白质	(264)
第三节 红细胞的代谢	(267)

一、红细胞的化学组成及代谢特点	(267)
二、血红蛋白的化学组成、性质及代谢	(269)
第四节 肝脏生化	(275)
一、肝脏的结构特点及其在代谢中的重要作用	(275)
二、肝脏生物转化反应的类型和特点	(278)
三、胆汁酸的代谢概况	(282)
四、肝脏的排泄功能	(284)
复习思考题	(285)
实践技能训练指导	(286)
实践技能训练一 血清蛋白质含量的测定	(286)
实践技能训练二 蛋白质等电点的测定	(288)
实践技能训练三 动物组织中核酸的提取与鉴定	(289)
实践技能训练四 动物组织中 DNA 的制备	(292)
实践技能训练五 紫外吸收法测定核酸的含量	(294)
实践技能训练六 血液葡萄糖的测定——福林-吴宪(Folin Wu)氏法	(296)
实践技能训练七 脂肪酸的 β -氧化—酮体测定法	(298)
实践技能训练八 血清蛋白醋酸纤维素薄膜电泳	(301)
实践技能训练九 聚丙烯酰胺凝胶柱状电泳法	(305)
实践技能训练十 转氨酶活性的测定	(308)
实践技能训练十一 血清 IgG 的分离制备——盐析法	(311)
实践技能训练十二 血清总脂测定	(314)
实践技能训练十三 碱性磷酸酶的测定 I ——提取分离与纯化	(316)
实践技能训练十四 碱性磷酸酶的测定 II ——比活性的测定	(319)
实践技能训练十五 胰凝乳蛋白酶的制备及活力测定	(322)
附录 常用生物化学名词缩写符号	(327)
参考文献	(331)

绪 论

一、生物化学的概念

生物化学(biochemistry)是研究生命化学的科学,它在分子水平上探讨生命的本质,即研究生物体的化学组成,组成生物体的这些化学物质在生物体内所发生的化学变化以及这些化学变化与生物生命活动之间的关系,分子结构与功能,生物体的物质代谢与调节及其在生命活动中的作用。生物化学的研究主要采用化学的原理和方法,但也与生理学、细胞学、遗传学等有着广泛的联系与交叉。人们通常将生物大分子的结构、功能及其代谢调控的研究称为“分子生物学(molecularbiology)”,因此,从广义的角度来看,分子生物学是生物化学的重要组成部分。由于生物化学越来越多地成为生命科学共同语言,当今生物化学已成为生命科学领域的前沿学科。生物化学研究所有的生命形式,动物体是生物化学研究的重要对象。生物化学对畜牧、兽医各学科的发展起着重要的促进作用。

二、生物化学发展简史

生物化学是一门既古老又年轻的学科,因为它既有悠久的发展历史,近年又有许多重大的进展和突破。生物化学的研究始于18世纪,但发展成一门独立的学科是在20世纪初期。18世纪中叶至20世纪初是生物化学的初期阶段,主要研究生物体的化学组成。其间的重要贡献有:对脂类、糖类及氨基酸的性质进行了较为系统的研究;发现了核酸;化学合成了简单的多肽,1902年 Emil Fischer 及 Hofmeister 证明了蛋白质是多肽;酵母发酵过程中“可溶性催化剂”的发现,奠定了酶学的基础等。从20世纪初期开始,生物化学进入了蓬勃发展阶段。例如,在营养学方面,发现了高等动物必需氨基酸、必需脂肪酸及多种维生素;在内分泌学方面,1901年 John Jacob Abel 等第一次分离出激素——肾上腺素,Stoltr 合成了这种激素,其间发现了多种激素,并将其分离、合成;在酶学方面,酶结晶获得成功;在物质代谢方面,由于化学分析及同位素示踪技术的发展与应用,对生物体内主要物质的代谢途径已基本确定,包括糖代谢的酶促反应过程——1937年 Krebs 提出了三羧酸循环的假说,1905年 Knoop 提出了脂肪酸 β -氧化作用,1933年 Krebs 又和其同事 Henselen 发现了尿素合成途径等。20世纪下半叶以来,生物化学发展的显著特征是分子生物学的崛起,其间,物质代谢途径的研究继续发展,并重点进入代谢调节与合成代谢的研究。例如,20世纪50年代后期揭示了蛋白质生物合成途径,确定了由合成代谢与分解代谢网络组成的“中间代谢”概念。这一阶段,细胞内两类重要的生物大分子——蛋白质与核酸,成为研究的焦点。例如,1950年 Pauling 和 Corey 提出了 α -角蛋白的二级结构形式是 α -螺旋结构的学说;1953年 Sanger 和 Thompson 完成了胰岛素的氨基酸全序列分析等。更具有里程碑意义的是 Watson 和 Crick 于1953年提出的 DNA 双螺旋结构模型,并于1962年获得诺贝尔奖,为揭示遗传信息传递规律奠定了基础,是生物化学发展进入分子生物学时期的重要标志。此后,对 DNA 的复制机制、RNA 的转录过程以及各种 RNA

在蛋白质合成过程中的作用进行了深入研究,1958年 Crick 提出了遗传信息传递的中心法则,破译了 RNA 分子中的遗传密码等。这些成果深化了人们对核酸与蛋白质的关系及其在生命活动中作用的认识。20 世纪 70 年代,重组 DNA 技术的建立不仅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的生物学性状成为可能。由此,相继获得了多种基因工程的产品,大大推动了医药工业和农业畜牧业的发展。转基因动植物和基因剔除(gene knock out)的成功是重组 DNA 技术发展的结果。基因诊断与基因治疗也是重组 DNA 技术在医学领域中应用的重要方面。80 年代,核酶(ribozyme)的发现补充了人们对生物催化剂本质的认识。聚合酶链式反应(PCR)技术的发明,使人们有可能在体外高效率地扩增 DNA。这些成果都是分子生物学发展的重大事件。

目前,分子生物学已经从研究单个基因发展到对生物体整个基因组结构与功能的研究。1990 年开始实施的人类基因组计划(Human Genome Project)是生命科学领域有史以来最庞大的全球性研究计划,将确定人类基因组的全部序列以及人类约 10 万个基因的一级结构。全部基因组序列测定草图已于 2000 年提前完成,2003 年 4 月 14 日中、美、日、德、法、英等六国科学家宣布人类基因组序列图绘制成功。完成 23 条染色体上全部序列的排列分析,绘制出人类基因组图谱的精确率为 99.99%。在此基础上,后基因组计划将进一步深入研究各种基因的功能与调节。这些研究结果必将进一步加深人们对生命本质的认识,也会极大地推动医学、畜牧兽医学、农学的发展。近 20 年来,几乎每年的诺贝尔医学和生理学奖以及一些诺贝尔化学奖都授予了从事生物化学和分子生物学研究的科学家,这个事实本身就足以说明生物化学和分子生物学在生命科学中的重要地位和作用。

我国对生物化学的发展做出了重大贡献。早在西方生物化学诞生之前,我国劳动人民在生产和生活中已有运用生物化学知识和技术的先例。例如,公元前 21 世纪,我国人民已能酿酒,这是我国古代用“曲”作“媒”(即酶)催化谷物淀粉发酵的实践。营养学方面,早在《黄帝内经素问》中记载“五谷为养,五果为助,五畜为益,五菜为充”,将食物分为四大类,并说明了其营养价值。《食疗本草》(公元 7 世纪)等还记载了祖国古代医学运用营养知识治疗疾病的原理。近代生物化学发展时期,我国生物化学家吴宪等在血液化学分析方面创立了血滤液的制备和血糖测定法;在蛋白质研究中提出了蛋白质变性学说;在免疫化学方面,对抗原抗体反应机制的研究也有重要发现。新中国成立后,我国生物化学迅速发展。1965 年,我国首先采用人工方法合成了具有生物学活性的牛胰岛素。1981 年,又成功地合成了酵母丙氨酰 tRNA。近年来,我国在基因工程、蛋白质工程、人类基因组计划以及新基因的克隆与功能研究等方面均取得了重要成果,正朝着国际先进水平方向迈进。

三、生物化学研究的主要内容

生物化学的研究内容十分广泛。当代生物化学的研究主要集中在以下几方面。

1. 生物分子的结构与功能 重点研究生物大分子。所谓生物大分子,是由某些基本结构单位按一定顺序和方式连接所形成的多聚体(polymer),相对分子质量一般大于 10^4 。例如,由氨基酸作为基本组成单位,通过肽键连接形成的多肽链——蛋白质;由核苷酸作为基本组成单位,通过磷酸二酯键连接形成的多核苷酸链——核酸。多糖也由一定基本单位聚合而成。生物大分子的重要特征之一是具有信息功能,由此也称为生物信息分子。

对生物大分子的研究,除了确定其一级结构(基本组成单位的种类、排列顺序和方式)外,更重要的是研究其空间结构及其与功能的关系。结构是功能的基础,而功能则是结构的体现。生物大分子的功能还通过分子之间的相互识别和相互作用来实现。例如,蛋白质与蛋白质、蛋白质与核酸、核酸与核酸的相互作用在基因表达的调节中起着决定性作用。由此可见,分子结构、分子识别和分子的相互作用是执行生物信息分子功能的基本要素。这一领域的研究是当今生物化学的热点之一。

2. 物质代谢及其调节 生物体不同于无生命体的基本特征是新陈代谢,即生物体与外环境的物质交换及维持其内环境的相对稳定。正常的物质代谢是正常生命过程的必要条件,而物质代谢的紊乱则可以引发疾病。据估计,以人类 60 岁计算,一个人在一生中与环境进行着大量的物质交换,约相当于 60 000 kg 水、10 000 kg 糖类、600 kg 蛋白质以及 1 000 kg 脂类。其他小分子及离子等也在不断交换中,但其量要少得多。目前对生物体内的主要物质代谢途径虽已基本清楚,但仍有众多的问题有待探讨。例如,物质代谢中的绝大部分化学反应是由酶催化的,酶结构和酶量的变化对物质代谢的调节起着重要作用。物质代谢有序性调节的分子机制尚需进一步阐明。此外,细胞信息传递参与多种物质代谢及与其相关的生长、增殖、分化等生命过程的调节。细胞信息传递的机制及网络也是近代生物化学研究的重要课题。

3. 基因信息传递及其调控 基因信息传递涉及到遗传、变异、生长、分化等诸多生命过程,也与遗传病、恶性肿瘤、心血管病等多种疾病的发病机制有关。因此,基因信息的研究在生命科学中的作用越显重要。现已确定,DNA 是遗传的主要物质基础,基因是 DNA 分子的功能片段。当今,基因分子生物学除了进一步研究 DNA 的结构与功能外,更重要的是研究 DNA 复制、RNA 转录、蛋白质生物合成等基因信息传递过程的机制及基因表达时空的调控规律。DNA 重组、转基因、基因剔除、新基因克隆、人类基因组计划及功能基因组计划等的发展,将大大推动这一领域的研究进程。

四、生物化学与畜牧兽医学

历来,动物生物化学与畜牧兽医学的发展密切相关,相互促进。动物生物化学主要研究物体的生物化学,它既是生物化学,也是畜牧兽医学的重要组成部分。近年来,动物生物化学已渗透到畜牧兽医科学的各个领域。例如,动物生理学、微生物免疫学、遗传学、药理学及病理学等基础动物医学的研究均已深入到分子水平,并应用动物生物化学的理论与技术解决各学科的问题,由此产生了“分子免疫学”、“分子遗传学”、“分子药理学”、“分子病理学”等新的学科。同样,动物生物化学与临床医学的关系也很密切。近代动物医学的发展经常运用生物化学的理论和诊断、治疗和预防疾病,而且许多疾病的发病机制也需要从分子水平加以探讨。畜牧和兽医是农业的重要领域,也是重要的生物学科。动物生物化学是生物科学的基础,也是畜牧和兽医学科的主要专业基础课程。学好生物化学及生物技术的基本原理是学好动物科学、动物医学及相关专业课程的保证。

在畜禽饲养中深刻理解畜禽机体内物质代谢和能量代谢的状况,掌握机体内营养物质代谢间相互转变及相互影响的规律,是提高饲料营养作用的基础。例如,为了研究饲料营养成分的作用,需要了解各种饲料成分及配比对消化道酶系的影响。现在许多新型添加剂、生理调节剂、酶制剂的研制及应用都是基于对动物机体内代谢过程的调控,达到机体内营养成分更加合

理、有效地进行转化,提高饲料的营养作用,促进畜禽的生产效益。同样,深入认识畜禽在不同生理时期(生长、发育、妊娠、泌乳、产蛋等)的代谢特点,可避免因营养配比不当、饲养不合理而引起各种代谢的疾病(如酮病、产蛋疲劳综合征等)。

掌握正常畜禽的代谢规律,对于临床上畜禽代谢疾病的诊断与治疗具有重要的作用。许多疾病如酮症是脂肪酸正常代谢的产物——酮体过多造成的,但多数是在低糖的情况下才会出现酮症,因此应该找到引起低糖的病因。对正常代谢规律的认识也有利于临床上药物的使用。

分子生物学技术已愈来愈多地运用于畜禽生产的各个方面。过去是利用蛋白质和酶(主要是同工酶)等的遗传多态性作为遗传标记,进行畜禽品种亲缘关系、种间遗传距离的分析,并筛选与优良生产性状相关的遗传标记,为培养高产优质的畜禽品种(如瘦肉型猪、小型猪、高产蛋鸡等)提供理论依据。现在已采用效率更高的 DNA 指纹技术作为遗传标记,在遗传育种中已取得明显的成果。

国内外许多实验都证明,给肥育猪在适当的时候注射外源猪生长激素,可以将猪的生长速度提高 25%,提高饲料转化率,降低饲料消耗,多长瘦肉、降低脂肪等。同样,给牛注射外源牛生长激素,可以提高奶产量达 20%。可见猪、牛生长激素的运用能显著提高猪、牛的生产能力。现在,运用 DNA 重组技术由细菌来生产基因工程的猪和牛生长激素,已用于生产实践。同样,已能运用转基因动物制成的“生物反应器”来生产多种人、畜需要的蛋白质和药物。

在畜禽生产中,有些动物如鸡和牛,希望主要繁殖雌性个体,以提高生产力,目前正在研究性别控制的分子机理,以求找到有效控制的方法。在动物中还有一些稀有的珍奇物种,如小型猪等,其个体矮小的遗传性状的分子机理尚有待用生物化学的原理去研究。同时,运用体细胞克隆个体的技术,将为保存和发展珍奇优良畜禽品种发挥积极的作用。

兽医工作中常规疫苗已不能满足要求,制备广谱、高效的畜禽疫苗是一项十分重要的任务。这就要求用分子生物学技术深入了解各种病毒基因的分子结构与功能,才能有目的地制备有效的基因工程疫苗。新近发现的反义 RNA 等分子调控机理正被运用于为某些疾病基因治疗的手段。

总之,生物化学、分子生物学及其生物技术在发展畜牧、兽医业中显示出强大的潜在能力。随着科学的不断发展,生物化学、分子生物学及生物技术已成为每个生物科学工作者必备的知识与技能,畜牧兽医工作者应该运用这些知识和技术,为发展我国的畜牧兽医事业做出贡献。

第一章 核酸化学

核酸(nucleic acid)是生物体的基本组成物质,是重要的生物大分子,最早是在 1868—1869 年间由瑞士青年化学家 Friedrich Miescher 发现的,他从附着在外科绷带上的脓细胞核中分离出一种含磷量极高的酸性化合物,称之为核素(nuclein)。经过科学家的长期研究证明,核素即现今所指的脱氧核糖核蛋白。核素中脱氧核糖核酸的含量约为 30%。1889 年,Altmann 将其进行纯化,他把其中不含蛋白质的成分称为核酸。核酸是具有复杂三维空间结构的大分子化合物。

核酸分为两类,一类是脱氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid, DNA),在真核细胞中主要存在于细胞核的染色体中,只有少量 DNA 存在于核外的线粒体及其他细胞器中。生物体的遗传信息主要编码在 DNA 的碱基排列顺序中, DNA 是遗传信息的贮存和携带者,是遗传的物质基础。另一类是核糖核酸(ribonucleic acid, RNA),主要存在于细胞质中,在细胞核中也含少量的 RNA,集中于核仁中。RNA 参与遗传信息表达的各过程,与蛋白质的合成密切相关。

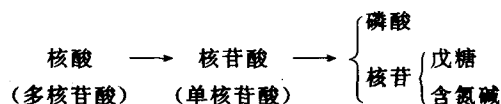
第一节 核酸的化学组成

一、核酸的元素组成

核酸的分子是由 C、H、O、N、P 5 种元素组成。其中磷元素的含量比较恒定, DNA 的平均含磷量为 9.9%, RNA 的平均含磷量为 9.4%。因此,可以通过测定生物样品核酸中磷元素的含量,推算出核酸的含量。

二、核酸完全水解的产物

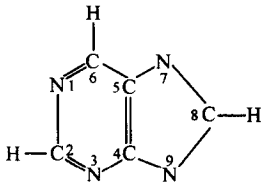
核酸分子很大,组成复杂。经酸、碱、酶水解后,产生多种单核苷酸,单核苷酸再水解的产物包括含氮碱、戊糖和磷酸。



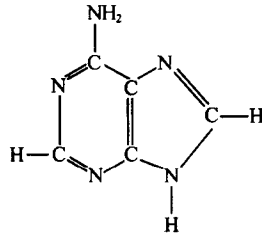
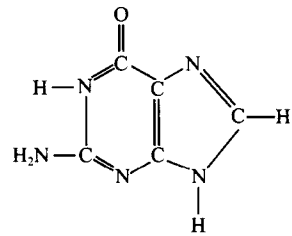
(一)含氮碱(碱基 base)

核酸分子中的含氮碱有嘌呤碱和嘧啶碱两类。

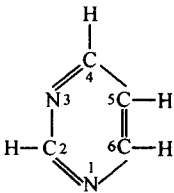
1. 嘌呤碱 嘌呤碱中有腺嘌呤(adenine, A)和鸟嘌呤(guanine, G)两种,它们都是嘌呤的衍生物。



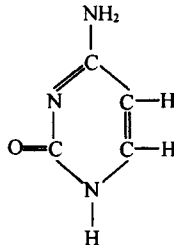
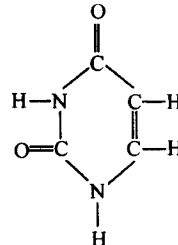
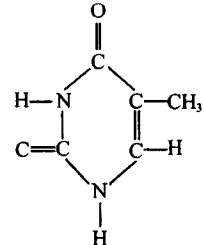
嘌呤 (Purine)

腺嘌呤 (adenine)
(6-氨基嘌呤)鸟嘌呤 (guanine)
(2-氨基-6-酮基嘌呤)

2. 嘧啶碱 嘧啶碱中有胞嘧啶(cytosine, C)、尿嘧啶(uracil, U)和胸腺嘧啶(thymine, T)三种,它们都是嘧啶的衍生物。



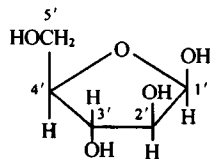
嘧啶(pyrimidine)

胞嘧啶(cytosine)
(2-酮基-4-氨基嘧啶)尿嘧啶(uracil)
(2,4-二酮基嘧啶)胸腺嘧啶 (thymine)
(5-甲基尿嘧啶)

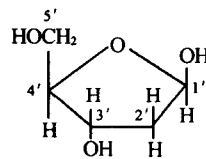
3. 稀有碱基 除上述几种主要碱基外,还有少量的稀有碱基(多是由碱基修饰而成的),如7-甲基鸟嘌呤、5-甲基胞嘧啶、5,6-二氢尿嘧啶、次黄嘌呤等。

(二) 戊糖

组成核酸的戊糖有两种,在 RNA 中是 *D*-核糖(*D*-ribose),在 DNA 中是 *D*-2-脱氧核糖(*D*-2-deoxyribose),它们都是 *D*型 β -呋喃糖。核糖和脱氧核糖的结构式如下:



核糖



脱氧核糖

(三) 磷酸

RNA 和 DNA 中都含有磷酸。磷酸是中等强度三元酸。磷酸和戊糖以酯键结合,形成戊糖的磷酸酯。磷酸也可以与另一分子磷酸以焦磷酸酐键结合,形成焦磷酸。磷酸分子脱去氢氧基以后的原子团($-\text{PO}_3\text{H}_2$)称为磷酸基($-\text{P}$)。

三、核酸的基本单位——核苷酸

核酸经酸、碱或酶水解后得到的基本结构单位是核苷酸(nucleotide),核苷酸可以水解成含氮碱基、戊糖和磷酸。两类核酸的基本组成成分见表 1-1。

表 1-1 两类核酸的基本组成成分

核酸组成成分	DNA	RNA
嘌呤碱	腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)	腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)
嘧啶碱	胞嘧啶(C)、胸腺嘧啶(T)	胞嘧啶(C)、尿嘧啶(U)
戊糖	β -D-2-脱氧核糖	β -D-核糖
磷酸	磷酸	磷酸

(一)核苷(又称核糖苷)

由戊糖和碱基缩合而成,并以糖苷键相连接。糖环上的 C_1 与嘧啶碱的 N_1 或嘌呤碱的 N_9 相连接。所以糖与碱基之间的连接是 $N-C$ 键,称为 N 糖苷键。核苷中的 D -核糖与 D -2-脱氧核糖均为呋喃型环状结构。糖环中的 C_1 是不对称碳原子,所以有 α -型及 β -型两种构型。但核酸分子中的糖苷键均为 β -糖苷键。应用 X 射线衍射分析已证明,核苷中的碱基与糖环平面互相垂直。

在 DNA 中脱氧核糖与碱基缩合形成的化合物称为脱氧核糖核苷, RNA 中核糖与碱基缩合形成的化合物称为核糖核苷。核苷根据其中的碱基和戊糖的名称来命名。如腺嘌呤与核糖缩合生成的核苷称为腺嘌呤核糖核苷,简称腺苷(A)。同样其他核糖核苷可简称为鸟苷(G)、胞苷(C)、尿苷(U)等。脱氧核糖与各种碱基形成的核苷可分别称为脱氧腺苷(dA)、脱氧鸟苷(dG)、脱氧胞苷(dC)、脱氧胸苷(dT)等。常见核苷的名称见表 1-2。部分核苷的结构式举例如下:

