

全国高等农业院校试用教材

生物学基础

南京农学院主编

畜牧、兽医专业用

农业出版社

前 言

本教材是为高等农业院校畜牧、兽医专业生物学基础的教学而编写的。内容主要是根据现阶段学生的具体情况，结合专业的特点和要求，介绍一些必要的动物、植物和一般的生物学基本知识。

现代的生物科学发展很快，范围非常广泛，内容繁杂，新的理论和概念较多，但根据目前情况，本书只能作些适当反映。因此各章节在内容的取舍和繁简方面，可能有不当之处；并且全国各地情况不一，学时有限，所以各院校在使用时，可按教学大纲要求，作适当的增删和调整。

教材中所用的插图，均选自其它书本，未予注明。参考书目，也一概省略。

本书编写组是由专业教材规划会议上推荐的六所院校各自选派人员组成，计有：内蒙古农牧学院李鹏年、曹自成；北京农业大学周正西；福建农学院吴秀鸿；广西农学院舒文英；四川农学院张瑞云、李知照；南京农学院丁再福、张采发。另外，四川农学院的一些同志也参加了一部分编写工作。

参加审稿会议的院校有：吉林农业大学（赵翰文），新疆八一农学院（陈永国），西北农学院（马炳宣），河北农业大学（姜廷干），山东农学院（唐福来），贵州农学院（陈尔璵）。

本书承山东海洋学院方宗熙教授热情支持，在百忙中抽空对书稿进行审阅和修改，并提出了许多宝贵意见，为此我们表示衷心的感谢。

由于我们的思想水平和业务水平不高，对于这门课程又缺乏教学实践，编写时间仓促，因此这本教材必然会存在许多缺点和错误，希望各兄弟院校在试用中，随时提出批评与指正。

《生物学基础》编写组

1979年6月

目 录

绪论	1
一、生物学的研究对象和分科	1
二、生物学发展简史	1
三、学习生物学的目的	2
第一章 生命的基本概念	3
第一节 生命的基本特征	3
一、新陈代谢	3
二、新陈代谢的基本类型	4
三、新陈代谢与其它生命活动	6
第二节 生命的物质基础	6
一、元素	6
二、组成生命物质的分子	7
第二章 生物体的基本结构	15
第一节 细胞	15
一、细胞的概念	15
二、细胞的形状和大小	15
三、细胞的基本构造和功能	16
四、细胞的增殖	23
第二节 组织、器官和器官系统	26
第三章 动物的生殖和个体发育	30
第一节 生殖的方式	30
第二节 生殖细胞的发生	31
第三节 精子和卵子的形态	32
第四节 受精作用	34
第五节 动物的胚胎发育	35
一、文昌鱼的早期胚胎发育	36
二、蛙的早期胚胎发育	37
三、鸡的早期胚胎发育特点	39
四、猪的早期胚胎发育特点	42
五、内、中、外三胚层的分化	43
六、胚外膜与胎盘	43
七、胚胎发育与分化的分析	44
第六节 动物的胚后发育	47
第四章 生物的分类	49
第一节 物种的概念和命名法	49
第二节 分类的方法	50
第三节 生物的分界	51

第五章 植物的基本类群.....	53
第一节 低等植物.....	53
一、藻类植物.....	53
二、菌类植物.....	55
三、地衣门.....	58
第二节 高等植物.....	59
一、苔藓植物门.....	59
二、蕨类植物门.....	60
三、种子植物门.....	62
第六章 被子植物主要分科概述.....	65
第一节 被子植物分类的形态学基础知识.....	65
一、种子.....	65
二、根.....	67
三、茎.....	68
四、叶.....	70
五、花.....	74
六、果实.....	83
第二节 被子植物分科举例.....	86
一、双子叶植物纲.....	86
二、单子叶植物纲.....	110
〔附〕 植物标本的采集与制作.....	121
第七章 无脊椎动物.....	123
第一节 原生动物门.....	123
一、原生动物的主要特征.....	123
二、鞭毛纲.....	123
三、肉足纲.....	126
四、孢子纲.....	128
五、纤毛纲.....	130
第二节 多孔动物门.....	132
第三节 腔肠动物门.....	134
第四节 扁形动物门.....	135
一、扁形动物的主要特征.....	135
二、涡虫纲.....	137
三、吸虫纲.....	138
四、绦虫纲.....	141
第五节 线形动物门.....	142
一、线形动物的主要特征.....	142
二、线虫纲.....	143
三、棘头虫纲.....	147
第六节 环节动物门.....	148
第七节 软体动物门.....	150
一、软体动物的主要特征.....	150
二、腹足纲.....	151
第八节 节肢动物门.....	153

一、节肢动物的主要特征	153
二、甲壳纲	153
三、蛛形纲	155
四、多足纲	156
五、昆虫纲	157
第九节 棘皮动物门	161
第八章 脊椎动物	163
第一节 脊索动物门概述	163
一、脊索动物的主要特征	163
二、亚门	163
第二节 圆口纲	166
第三节 鱼纲	168
一、鱼纲的主要特征	168
二、鱼类的生殖和发育	170
三、鱼纲的分类	170
第四节 两栖纲	173
一、两栖纲的主要特征	173
二、两栖类的生殖和发育	176
三、两栖纲的分类	176
第五节 爬行纲	177
一、爬行纲的主要特征	177
二、爬行类的生殖和发育	179
三、爬行纲的分类	179
第六节 鸟纲	180
一、鸟纲的主要特征	180
二、鸟类的生殖和发育	183
三、鸟纲的分类	184
第七节 哺乳纲	187
一、哺乳纲的主要特征	187
二、哺乳类的生殖和发育	192
三、哺乳纲的分类	193
第九章 动物与环境	197
第一节 动物与非生物环境	197
第二节 动物与生物环境	199
第三节 人为的环境因素	201
第四节 生物圈和生态系	202
第十章 生物的进化	210
第一节 生物进化的证据	210
第二节 生物界系统发展的概况	214
第三节 生物进化的学说	218
一、拉马克的学说	218
二、达尔文的学说	219
第四节 生物的遗传原理	221
一、达尔文的遗传假说	221

二、孟德尔的遗传学说——双亲的遗传规律	221
三、染色体的遗传学说——基因论	225
四、DNA 与遗传	226
第五节 现代进化论	227
一、基因突变和人工诱变	228
二、种群遗传	228
三、适应	229
四、物种的形成	229
五、生物进化的一般规律	230
第六节 生命的起源	231

绪 论

一、生物学的研究对象和分科

生物学 (biology) 是研究生命的一门科学。

地球上除了矿物、岩石、空气和水等无生命的物质以外, 还有动物、植物和微生物等具有生命的各种生物。生物学的主要任务就是以生物为对象, 从生命活动的各个方面, 研究生命现象的本质, 探讨生物发生和发展的规律。具体地说, 就是研究生命的基本特性和物质组成; 研究生物的种类、形态结构、生理功能、遗传、进化以及生物和环境的关系等。

生物的种类极为繁杂, 需要研究的内容和范围又非常广泛, 因此在生物学领域中, 随着科学的不断发展, 人们对生命认识的不断深入, 把生物学又分为许多不同的学科。

根据研究对象的不同, 建立了动物学 (zoology)、植物学 (botany)、微生物学 (microbiology)、寄生物学 (parasitology) 等。

从不同的角度对生命现象进行研究, 建立了分类学 (taxonomy)、形态学 (morphology) [包括解剖学 (anatomy)、组织学 (histology)、胚胎学 (embryology)、细胞学 (cytology) 等]、生理学 (physiology)、生态学 (ecology)、遗传学 (genetics)、进化论 (theory of evolution) 等。

随着近代科学的发展, 运用化学、物理学等的理论和方法对生命进行研究, 还建立了生物化学 (biochemistry)、生物物理学 (biophysics)、分子生物学 (molecular biology) 等许多新的学科。

把生物学划分为各种专门的学科只是相对的, 不能把它们截然割裂开来。例如生物体的形态结构和生理功能, 二者有着密切的联系。当研究形态结构时, 必须同时考虑到它们的生理功能; 在研究生理功能时, 也不能离开形态学的基础。此外, 当研究生物的形态结构和生理功能时, 也必须考虑生态学的问题, 因为生物不能脱离环境而生存, 生物体与其生活的环境是统一的。

只有从各个方面对生物进行研究, 才能全面地揭露和认识生命现象的本质和它们的客观规律。

二、生物学发展简史

生物学主要是从十六世纪发展起来的。在十六世纪至十八世纪时, 只是处于初期发展阶段, 偏重于材料的搜集和描述, 而且仅凭肉眼进行观察。瑞典学者林奈 (C. Linné, 1700—1778), 根据他所搜集到的动物和植物资料, 加以系统的整理, 创建了分类学, 对生物学的贡献很大。但由于他受到当时“神创论”和“物种不变论”的思想禁锢, 对生物的认识, 不免陷于唯心主义观念之中。

从十八世纪末到十九世纪的上半叶, 由于光学显微镜被广泛应用, 扩大了人们的眼界, 看到了生物的微小结构, 因而创立了细胞学说, 阐明了一切生物在结构上的统一

性，为生物科学的研究开辟了一个新的领域，推动了生物学的发展。此外，由于当时在形态学和生理学等方面，积累了相当多的资料，因而有可能运用比较的方法对生物进行研究，导致了比较解剖学、比较胚胎学等学科的产生。

十九世纪初叶和中叶，法国学者拉马克 (J.B. Lamarck, 1744—1829) 和英国学者达尔文 (C. Darwin, 1809—1882) 相继提出了进化学说，有力地批判了“物种不变论”。特别是达尔文《物种起源》的发表，把对生物的认识，牢固地建立在唯物主义基础之上，使生物科学由以林奈为代表的搜集、描述阶段，进入到以达尔文为代表的比较、探讨和总结规律的阶段，并以进化的观点研究生物。经过此后一百多年的逐渐发展，才建立了比较完整的现代生物学的科学体系。

二十世纪以来，由于化学、物理学、数学等不断向生物科学领域渗透，电子显微镜、电子计算机、X光衍射、色层分析、光谱分析等新技术被广泛应用，使生物科学的发展更加迅速，出现了生物化学、生物物理学等许多边缘学科，而且导致了分子生物学的形成。分子生物学是一门崭新的学科，主要研究生物大分子的构造和功能，从分子水平上研究生命，使人们对生命本质的认识更深入了一步，并且在此基础上产生了许多新的学科，而分子遗传学又是分子生物学的中心学科。当前分子生物学已深入到生物学的各个领域，成为现代生物学发展的一个重要方面，毫无疑问，它必将有力地推动整个生物科学的发展。

生物科学在向微观领域不断深入的同时，在宏观方面，由于近代工业、近代农业和近代科学技术的发展，人们认识生物与环境的关系愈来愈深化，因此对于生态学的研究，也日益引起各方面的注意和重视。当前不仅着眼于个体、种群和群落的生态的研究，而且特别着重于生态系的研究。可以想见，这将为环境保护和工农业的生产，带来不可估量的影响。

展望生物科学的发展，可以设想它将出现许多更新的成就，有可能成为领先的一门科学，由探讨、总结生物规律的阶段，发展到控制、改造和利用生物的阶段，使人们驾驭自然的能力大为增强，不仅会大大促进农业和医学的发展，而且也会推动工业、国防和科学技术的前进。

三、学习生物学的目的

生物学是农业科学和医学的基础。生物学的新理论、新概念，对农牧业的生产 and 人、畜的医疗保健事业，必然具有促进作用。因此，学习生物学的目的，就在于揭露和掌握生物生命活动的客观规律，为进一步利用、控制和改造生物提供理论依据。例如分子遗传学的建立，导致了遗传工程的出现，即通过人为的手段改造生物的遗传性状，使之有可能创造合乎人类需要的新物种。细胞免疫学和分子免疫学的进展，提高了异体器官移植的成功率，使家畜受精卵的移植获得成功，从而扩大了家畜优良品种的利用。

对畜牧、兽医专业来说，生物学是一门基础课程，它综合许多生物学的分科内容，简明扼要地介绍生物界的一般现象和规律，使学生具备一定的生物学基本知识，为进一步学习专业有关课程奠定必要的基础。

(周正西 编)

第一章 生命的基本概念

第一节 生命的基本特征

各种生物虽然都有自己的特征，构成了生物界的多样性，但是它们都由一个共同的特殊结构——细胞所组成（病毒除外），表现出各种生命现象，如新陈代谢、应激、生长、繁殖、遗传、变异和对环境的适应等。其中新陈代谢是最基本的生命特征。

一、新陈代谢 (metabolism)

任何生物总是经常不断地从其周围环境中摄入物质，在体内转变为本身的成分，同时又把体内的物质进行分解，把所产生的废物排出体外。在这种物质交换和转变的过程中，还伴随着能量的转换，这就是新陈代谢。

新陈代谢包括同化作用和异化作用两个过程。

同化作用 (anabolism) 又称组成作用，就是生物合成生活物质的过程。即活的有机体从外界环境中摄入无机的和有机的营养物质，经过复杂的化学变化，变成为生物本身的组成成分。

异化作用 (catabolism) 又称分解作用，就是生物体内的部分生活物质分解的过程。即活的有机体把自身的组成成分分解为比较简单的化合物，再把这些化合物以废物的形式排出体外。

生物在进行物质代谢的同时，还伴随着能量代谢，或称能量转化。具体地说，就是在同化过程中，同时把能量以化学能的形式储存于所合成的物质里；在异化过程中，又把贮存的化学能释放出来，转变为热能等形式，供生物进行各种生命活动之用。

例如一头猪，每天吃进食物和饮水，排出粪便和尿液，还不断地进行呼吸，吸进氧气，呼出二氧化碳。这就是说，生物从外界环境中摄入它所需要的物质，同时又排出它不需要的物质。从外界摄入的营养物质，包括蛋白质、脂类、碳水化合物和无机盐等，在体内经过复杂的变化，合成为细胞的组成成分，同时把能量贮存起来。与此同时，组成身体的复杂化合物，或贮藏于体内的营养物质，经过氧化分解，最后产生二氧化碳、水、尿素、尿酸等排泄废物，并且释放出能量，供给生命活动的需要，例如产生运动，维持体温等等。

同化作用和异化作用在生物体内同时进行，二者相反相成，构成了对立统一的新陈代谢过程。同化作用需要能量，此能量来自异化作用（在绿色植物还来自光能）；异化作用需要物质，此物质来自同化作用。没有同化，生物体的新物质无从产生，细胞得不到建立和更新，也就没有异化作用的物质基础和能量来源；没有异化，生物体内贮存的能量不能释放出来，同化作用所需要的能量也就无从供应，一切生命活动也就无法进行。生物就是这样不断地与外界环境之间进行物质和能量的交换，在体内进行物质和能

量的转换。在此过程中，一方面通过同化作用组成自己，一方面又通过异化作用破坏自己，在这种矛盾统一的代谢过程中，不断地进行自我更新，完成各种生命活动。所以我们可以把生物有机体看做是一个以新陈代谢为基础的开放体系。

宇宙间的一切物质都有新陈代谢。非生物也有新陈代谢，但是非生物与周围环境发生的代谢反应，只能是自身被分解毁灭，转变成另一种物质的形态，不能恢复原来的性状。如铁放在空气中，经过长期的氧化，变成了铁锈——氧化铁。生物的新陈代谢，就是通过和周围环境发生的代谢反应，不断重建自己和更新自己。非生物与外界隔绝得越严密，保存的时间越长久，而生物一旦与外界环境隔绝，就会死亡。所以生物与非生物的新陈代谢有着本质的区别。

二、新陈代谢的基本类型

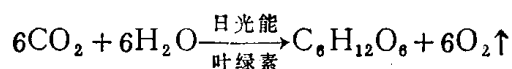
生物在长期的进化发展过程中，形成了各种不同的代谢类型。根据同化作用和异化作用方式的不同，可以分为下述几种基本的类型。

(一) 同化作用的自养型和异养型 按照生物在同化作用过程中能量来源和营养物质形成的不同，可以分为自养生物和异养生物。

1. 自养生物 (autotroph) 自养生物能够直接从外界环境中摄入无机物质，在体内同化为复杂的有机物质，用以构成自身的组成成分，或者作为营养物质贮存起来。根据它们在同化过程中能量来源的不同，自养生物又可分为光能自养生物 (photoautotroph) 和化能自养生物 (chemoautotroph) 两种。光能自养生物能够进行光合作用 (光能合成作用)，化能自养生物能够进行化能合成作用。

(1) 光合作用 (photosynthesis) 光合作用一般见于植物界。在植物细胞中，通常都含有色素，包括叶绿素 (chlorophyll)、叶黄素 (xanthophyll)、胡萝卜素 (carotin) 等，其中以叶绿素最为普遍，是绿色植物进行光合作用的主要物质。

叶绿素存在于叶绿体 (chloroplast) 中，叶片部分含量最多。绿色植物就是由于在叶绿素的参与下，利用太阳的光能，把二氧化碳和水转变为葡萄糖。这一过程，称为光合作用。通常以下列化学反应式表示：

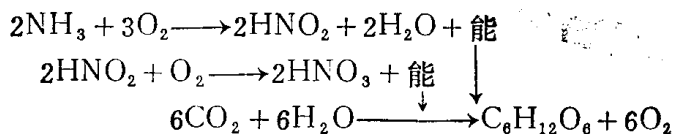


近代利用氧的同位素——重氧 (O^{18}) 进行标记试验表明，光合作用所放出的氧，是由水分子分解产生的，而不是来自二氧化碳。

光合作用的过程很复杂。根据现代的理解，包括光反应 (light reaction) 和暗反应 (dark reaction) 两个步骤。我们知道，生物在进行呼吸作用时，是把葡萄糖进行氧化分解，产生二氧化碳和水，并释放能量。但在光合作用时，要把二氧化碳和水转变为葡萄糖，则必须提供能量使之还原，此能量主要来自三磷酸腺苷 (ATP)，而所需要的还原剂则是还原型辅酶 I (NADPH_2)。在光反应过程中，通过叶绿素，利用太阳的光能使水分解，放出氧，同时形成 ATP 和 NADPH_2 。在暗反应中，则利用光反应所产生的 ATP 和 NADPH_2 ，使二氧化碳还原，转化为葡萄糖。光反应需要在有光的条件下才能进行，暗反应则与光无关。

通过葡萄糖分子可转化成包括淀粉在内的各种碳水化合物，再经过复杂的变化，合成脂类和蛋白质等物质，用以建造自己和满足营养的需要。

(2) 化能合成 (chemosynthesis) 化能合成与光合作用的主要区别就是在这种同化过程中，所需能量不是来自太阳的光能，而是利用某些物质化学变化时所产生的能量，把无机物转变为有机物质。进行化能合成的生物，大都见于自养的细菌，例如硝化细菌 (nitrifying bacteria)，在酶的参与下，能够把氨氧化为亚硝酸和硝酸，放出能量，然后再利用此种能量，把二氧化碳和水合成有机物。



2. 异养生物 (heterotroph) 异养生物不能象植物那样用简单的无机物制成有机物质，它们的营养料必须来自其它生物的有机物质。

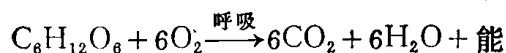
几乎所有的动物和绝大部分的菌类等都是营异养型营养方式的生物。草食动物以植物为食，从植物获取它们所需要全部有机物质。肉食动物猎捕其它动物为食，从动物体获得它们所需要全部有机物质。营寄生和腐生的生物，它们的营养取自宿主或外界环境中的现成有机物质。

不论是哪种情况，异养生物的营养物质，都是直接或者间接来自绿色植物。这些营养物质都需要经过一系列复杂的变化，把它们转变成可吸收的状态。例如动物摄入的糖类、脂类、蛋白质等，经过消化作用，变为可吸收的单糖（葡萄糖）、脂肪酸和甘油、氨基酸等，在细胞内再转化为自身的物质；或作为建造自身的成分，或作为贮藏的营养物质，有的也可直接被分解，以供给能量的需要。

(二) 异化作用的需氧型和厌氧型 生物的分解代谢过程，可分为两种类型：

1. 需氧型 (aerobic type) 需氧型生物必须从大气中吸取游离的氧进入细胞内，在呼吸色素酶的作用下，分解有机体的组成成分，取得能量以维持生命活动，同时排出二氧化碳。这种吸进氧气和呼出二氧化碳的过程，叫做呼吸 (respiration)。

生物体内最重要的能源物质之一是葡萄糖。在需氧型的生物中，葡萄糖的氧化作用如下：



由上式可见，这种氧化过程消耗了氧并产生出二氧化碳，称为有氧氧化。所以这种生物必须不断地吸入氧和呼出二氧化碳，并利用此氧化过程所释放出的能量以维持生命活动。呼吸一旦停止，上述氧化过程不能进行，生物无法获得维持生命活动所需的能量，因而也就死亡。

2. 厌氧型 (anaerobic type) 有些生物如厌氧细菌和动物体内的寄生虫等，其分解营养物质获得能量的过程不需要氧气，称为厌氧生物。在这一过程中，葡萄糖经过一系列酶的催化反应，分解成乳酸（如乳酸菌）或乙醇（如酵母菌）等，并释放出能量供有机体所利用，这种由葡萄糖生成乳酸或乙醇等的过程，称糖的酵解作用 (glycolysis) 或发酵 (fermentation)。如果有氧存在时，酵解作用便受到抑制，所以这种生物是厌氧

的，即在有氧的条件下，不能很好地生存。由于酵解作用并未使葡萄糖彻底氧化，所以释放出的能量比有氧氧化少得多。

三、新陈代谢与其它生命活动

新陈代谢是最基本的生命活动，如果新陈代谢一停止，生物得不到自我更新，生命也就随之消失，其它生命活动也就失去了表现的可能，只有在不断进行新陈代谢的过程中，才能产生其它各种生命活动。

所有活的有机体，当它们所在的周围环境发生变化时，就能发生反应，这是应激性 (irritability)。外界环境中的许多因素，如声、光、电、温度以及机械的、化学的变化等，都能对有机体产生有效的刺激。有机体对刺激产生的反应，也有多种不同的形式，如动物的位移、内脏器官的运动、腺体的分泌、脑神经的活动等。反应的强弱，往往根据新陈代谢的情况而定，一般说来，新陈代谢进行得旺盛，对外界刺激的反应也最敏感，例如给狗喂以食物，食物对狗的感觉器官——眼、耳、鼻等发生有效刺激，狗通过一系列动作发生反应，把食物吃掉。动物对外界的刺激主要是通过神经系统来调节的，脑对环境的刺激最敏感，它们的新陈代谢活动也最高。

生物还有一个重要的特征，即都能产生与自己相似的后代，以延续种族的生命，这一现象就是生殖。生殖是生长、发育的结果。当新陈代谢的同化作用大于异化作用时，生活物质得到增加，细胞数量增多，有机体的体积增大，称为生长。与此同时，细胞发生生理功能和形态结构上的变化，这就是发育。只有生长发育到一定阶段时，经过一系列的变化，产生生殖细胞，才能完成生殖作用。所以生殖是在新陈代谢的基础上进行的。

第二节 生命的物质基础

生物体是由什么组成的？各种生物虽然在形态结构和生活习性方面差别很大，但从化学分析知道，它们的基本化学组成是相似的。尽管生命物质的化学成分非常复杂，但构成这些物质的元素，也和构成非生命物质的那些元素相同。

由此可见，生物与非生物之间，并没有不可逾越的鸿沟，二者具有统一性。但生物又不同于非生物，具有生物自己的特殊性。

一、元素 (element)

目前已被发现的化学元素有 107 种，其中 15 种是在核物理实验室中由人工造成的，自然界只存在 92 种。

生物体内存在的元素，和自然界比较起来，种类较少，大约仅有 20 多种；其中最多的是碳 (C)、氢 (H)、氧 (O) 和氮 (N)，占生物体全部组成的 96%；其次为钙 (Ca)、磷 (P)、钾 (K)、氯 (Cl)、硫 (S)、镁 (Mg)、钠 (Na)、铁 (Fe) 等，它们的含量，与前述四种一起，占生物体总量的 99.9%。其余的 0.1% 为铜 (Cu)、锰 (Mn)、锌 (Zn)、钴 (Co)、碘 (I)、钼 (Mo)、氟 (F)、钒 (V) 和硼 (B)

等。这些元素在生物体内含量很少，所以又称微量元素。但它们的作用很重要，是生物不可缺少的元素。

各种元素在生物体内的比例基本恒定，而与地球上的含量比例并不相同，这对维持正常生理活动是必要的。

二、组成生命物质的分子

非生物界的分子比较简单，例如水 (H_2O)、碳酸钙 ($CaCO_3$) 等。构成生物体的分子则很复杂。

在生活物质中最具特色的是碳元素。碳原子能够彼此连接形成长链，并且可以形成双键。由碳所形成的化合物（少数无机物如一氧化碳，二氧化碳，各种无机碳酸盐及氰化物等除外）称为有机物，这种有机物种类极多，是生物复杂结构的基础。

生物有机体主要由糖类、脂类、蛋白质、核酸、维生素、激素、矿物质（无机盐）和水组成，其中矿物质和水是无机物，其余的都是有机物。

（一）糖类 (saccharides) 糖类由碳、氢、氧三种元素组成。其中氢和氧的原子比例数大都是 2:1，与水分子中氢和氧的比例相同，故习惯上又称为碳水化合物或碳水化合物 (carbohydrates)。糖类是生物的重要能源，又是所有植物和某些动物有机体的主要结构物质。

许多糖类的分子很大，分子量为 500,000 或更多，但是这些大分子都是由简单的重复单位组成，这种单位称为单糖 (monosaccharides)。

1. 糖 (sugars) 糖的种类很多，通常可分为单糖、二糖和多糖。最重要的单糖是核糖 (ribose)、脱氧核糖 (deoxyribose) 和葡萄糖 (glucose)。核糖和脱氧核糖是组成核酸的主要成分。葡萄糖是生物体的重要能源物质。

葡萄糖的分子式为 $C_6H_{12}O_6$ 。由于有些单糖与葡萄糖的分子式完全相同，形成同分异构体，所以仅用分子式不足以说明葡萄糖的结构和性质，因此通常用结构式表示。葡萄糖除部分具链状构型外，主要由六个碳原子中的五个碳原子和一个氧原子组成环状结构 (图 1-1)。

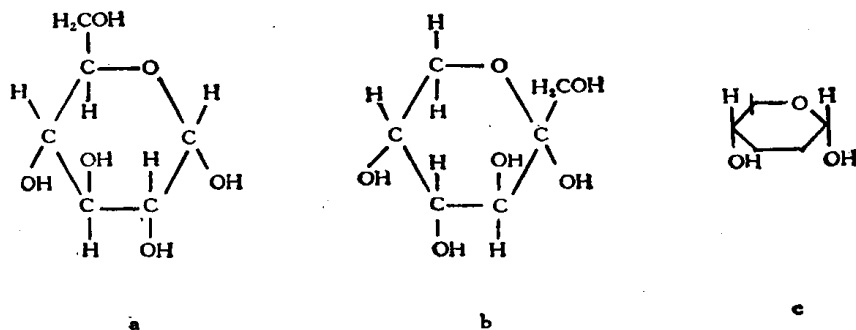


图 1-1 a. 葡萄糖的结构式 b. 它的异构体(果糖) c. 葡萄糖分子的简化式

葡萄糖对生命具有重要的作用，是生物体内最基本的可以运输的能源物质；溶于水，很易被体液输送。动物血液中的葡萄糖称为血糖 (blood sugar)，血糖的浓度必须保持在一个很狭窄的范围内，否则会引起疾病。葡萄糖是细胞呼吸的原料。细胞呼吸则是

大多数生物生命活动所需能量的主要来源。

两个分子葡萄糖脱掉一分子水结合形成麦芽糖 (maltose) (图 1—2)。麦芽糖是一种二糖 (又称双糖 disaccharides), 分子式为 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。当淀粉被消化时可产生麦芽糖。

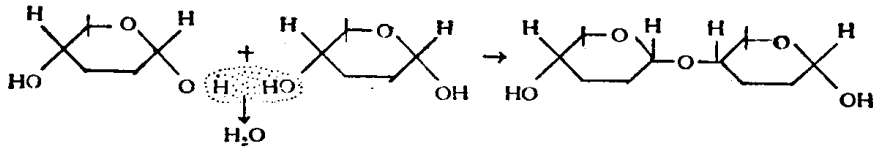


图 1—2 麦芽糖的合成
a. 葡萄糖 b. 麦芽糖

日常的食用糖——蔗糖 (sucrose), 也是一种二糖, 由一个葡萄糖和一个果糖 (fructose) 结合而成。果糖是葡萄糖的同分异构体 (图 1—1)。蔗糖主要的来源是甘蔗和甜菜。它溶于水, 便于运输。高等植物的糖类, 多以蔗糖的形式转运。

2. 淀粉 (starch) 淀粉的分子是由许多葡萄糖单位组成的长链 (图 1—3), 这种链状分子称为聚合物。大多数的天然淀粉可分为两类: (1) 直链淀粉: 由数百葡萄糖单位组成。(2) 支链淀粉: 由上千个葡萄糖单位组成。由于淀粉含有很多单糖单位, 所以又称多糖 (polysaccharides)。

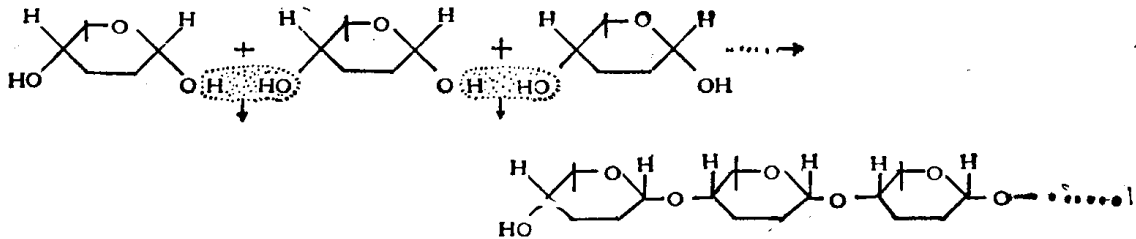


图 1—3 淀粉的合成

葡萄糖可以转变成淀粉。淀粉不溶于水, 易于贮存, 是葡萄糖的贮存形式。植物光合作用所合成的葡萄糖, 就是以淀粉的形式贮存起来以备应用的。

人和动物的糖类, 其主要来源是植物淀粉。稻、麦、玉米等的淀粉为人类所必需, 而且也是重要的能源物质, 但是必须先经过消化, 才能被吸收, 即在淀粉酶 (amylase) 的参与下, 将长链水解为麦芽糖 (双糖), 再在麦芽糖酶 (maltase) 的作用下, 水解成二个分子的葡萄糖。

当动物摄入的葡萄糖超过需要时, 便把多余的葡萄糖变为淀粉。这种淀粉在性质上与植物淀粉不同, 称为糖元 (glycogen)。糖元分子中没有象直链淀粉那样的长链。

哺乳动物的糖元贮存于肌肉和肝脏中, 能够迅速地裂解为葡萄糖, 后者经过分解提供能量。糖元不是一切动物贮存能量的主要方式, 动物贮存能量的另一重要形式是沉积脂肪。但有些动物则几乎完全以糖元形式贮存能量, 例如在河湖里营底栖生活的蚌类, 由于经常处于缺氧状态, 当缺氧时, 能很快地分解糖元, 进行无氧呼吸。

3. 纤维素 (cellulose) 纤维素是另一种重要的多糖, 广泛分布于植物界。植物的细胞壁主要由纤维素组成。如秸秆、木材等, 其构成就以纤维素为主, 而棉花纤维则几

乎为纯纤维素构成。由于纤维素大量地用作植物的构造成分，所以是自然界最多的有机物质。

纤维素的分子结构和直链淀粉一样，也是由葡萄糖所组成的长链。一个简单的纤维素分子可含有3,000以上的葡萄糖单位，但它们的排列方向与淀粉中葡萄糖单位的同向排列不同，是呈交替状态的（图1—4）。

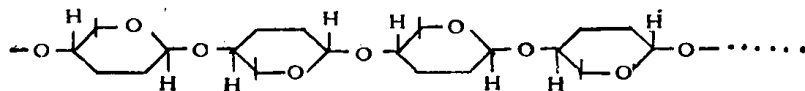


图1—4 纤维素的分子结构

由于纤维素分子结构上的特点，因此不能被淀粉酶水解而为动物所利用。但少数动物，例如某些纤毛虫、蜗牛以及某些昆虫等，由于体内含有纤维素酶 (cellulase)，因而可以消化纤维素。牛、马等草食兽，是靠它们肠、胃中细菌和纤毛虫的作用而利用纤维素的。

人类虽然不能消化纤维素，但因食物中的纤维素能促进肠胃的蠕动，有益于消化。

(二) 脂类 (lipids) 脂类包括脂肪和类脂。动物体内的类脂主要为磷脂和甾醇类等。

1. 脂肪 (fats) 脂肪也由碳、氢、氧元素构成。但与糖类不同，所含氢原子的比例要高得多，例如三硬脂酸甘油酯 (tristearin) 的分子式是 $C_{57}H_{110}O_6$ ，表明它们的氧化程度比糖类低，亦即意味着脂肪所贮存的能量比同等重量的糖类要多。通常可高达二倍多。

脂肪分子是由一分子甘油 (glycerol) 和三分子脂肪酸 (fatty acids) 组成。甘油分子中有三个羟基 ($-OH$)，每个羟基与脂肪酸分子中的羧基 ($-C \begin{smallmatrix} \diagup O \\ \diagdown OH \end{smallmatrix}$) 作用，脱去一分子的水，使甘油和脂肪酸连结 (图1—5)。每个脂肪分子中的三个脂肪酸，可以完全相同，也可不同。它们所含的碳原子数，少则4个，多至24个，最常见的是16个和18个。在自然界的脂肪酸里，碳的数目都是偶数。

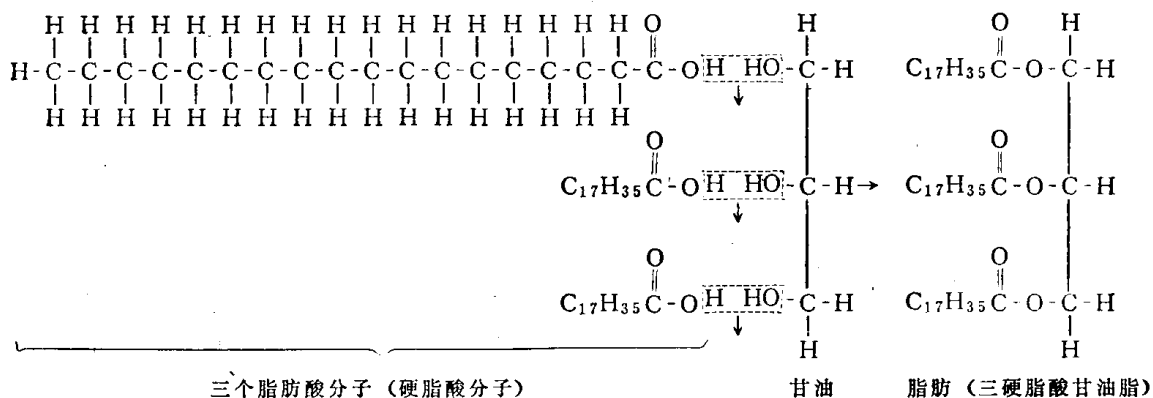


图1—5 由三个脂肪酸分子和一个甘油分子合成的脂肪 (饱和脂肪)

脂肪能水解成甘油和脂肪酸。催化脂肪水解的酶叫做脂肪酶 (lipase)，脂肪的水解是消化过程的一个重要步骤。

某些脂肪酸分子含有一个或多个双键（图 1—6），由这些分子组成的脂肪叫做不饱和脂肪。它们在室温下为液态，故称为油，例如棉子油和花生油。一般说来，动物脂肪饱和程度较高，植物脂肪饱和程度较低。

脂肪不溶于水，在被血液运输前，需先变成能与水混合的形式，其方式之一就是三个脂肪酸中的一个，用含磷的分子取代。这种磷脂可和水混合，在体内水的循环中运输。

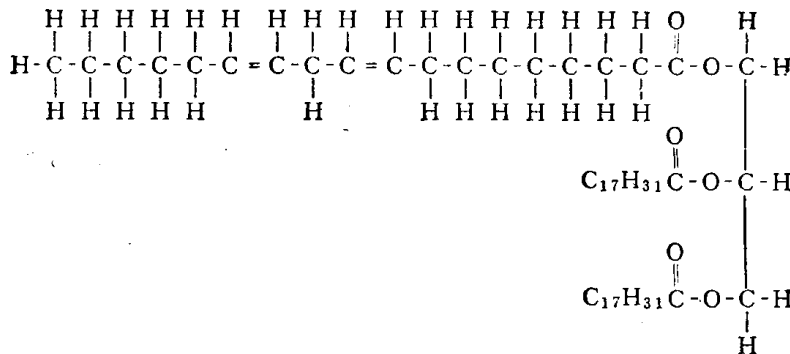


图 1—6 不饱和脂肪分子的结构（三亚油酸甘油酯）

脂肪的主要功用是被氧化后提供能量。动物体内贮存的脂肪较多，常是主要的能量贮存物质。此外，内脏周围的脂肪对内脏器官具有保护作用，皮下脂肪则在维持体温中有一定的作用。

2. 磷脂 (phospholipids) 在脂肪分子中，有一个脂肪酸基被一个磷酸和碱基结合起来的基团所取代时称为磷脂。由于碱基的不同，磷脂可有多种。动物体内最重要的磷脂有卵磷脂 (lecithin)、脑磷脂 (cephalin) 等。

磷脂的主要功用是构成细胞膜和各种细胞器膜。

3. 甾醇类 (sterols) 甾醇类又称固醇类，在动物体内主要有胆固醇、胆汁、某些激素如性激素和维生素D等。

胆固醇 (cholesterol) 是神经组织以及其它组织的重要成分。

(三) 蛋白质 (proteins) 蛋白质是生命物质的主要成分，也是有机体最复杂的一种化合物，含有碳、氢、氧和氮等元素，常常还含有硫，有些则含有磷以及某些微量元素，如铜和铁等。

大多数的蛋白质分子都是大分子，有许多重要的蛋白质分子的结构至今还没有弄清楚。牛奶中的β-乳球蛋白 (β-lactoglobulin) 是一种分子较小的蛋白质，其分子式为 $\text{C}_{1864}\text{H}_{3012}\text{O}_{576}\text{N}_{468}\text{S}_{21}$ ，分子量约为42,000，许多蛋白质的分子量比它还要大。

蛋白质的分子虽大，却都是有规律的结构，由简单的氨基酸 (amino acid) 联接成长链而组成的。蛋白质中常见的氨基酸有二十种。氨基酸构造的通式 (图 1—7) 中，

$-\text{N} \begin{matrix} \text{H} \\ / \\ \text{H} \end{matrix}$ 叫做氨基， $-\text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$ 叫做羧基。所有氨基酸的R都比较简单，但各种氨基酸的R是不相同的。图 1—8 是甘氨酸 (glycine)、丙氨酸 (alanine) 和缬氨酸 (valine) 的结构式。

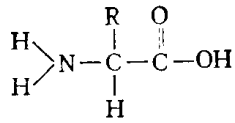


图 1—7 氨基酸的结构通式

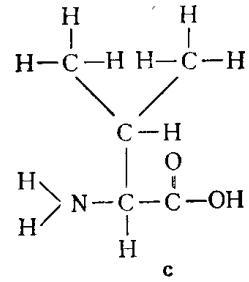
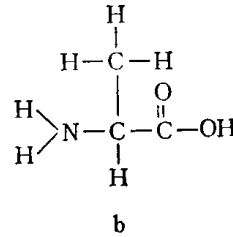
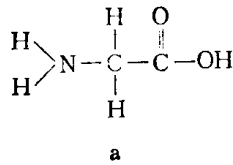


图 1—8 甘氨酸(a)、丙氨酸(b)、缬氨酸(c)的结构式

氨基酸的相互结合，是由一个氨基酸的羧基与另一氨基酸的氨基，脱掉一个水分子，以肽键 (peptide bond) 联接而成。这种结合是蛋白质分子最基本的联接形式 (图 1—9)。

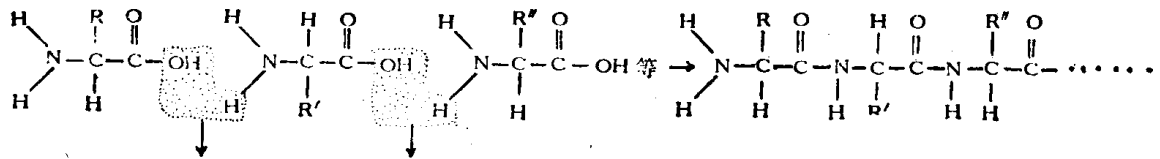


图 1—9 蛋白质的合成

一个蛋白质可含有数千个氨基酸。要了解其结构一般比较困难。Sanger 等花了十年 (1944—1954) 时间才确定第一个蛋白质—胰岛素 (insulin) 分子的结构 (图 1—10)，其分子式是 $C_{254}H_{377}N_{65}O_{75}S_6$ 。胰岛素是哺乳动物的一种激素，分子较小。自那以后，已有许多蛋白质的氨基酸排列顺序被确定下来，而且所花的时间也逐渐缩短。

有了关于氨基酸在蛋白质中排列顺序的知识以后，就引起了人工合成蛋白质的试验。我国科学工作者在世界上首先成功地人工合成了胰岛素。

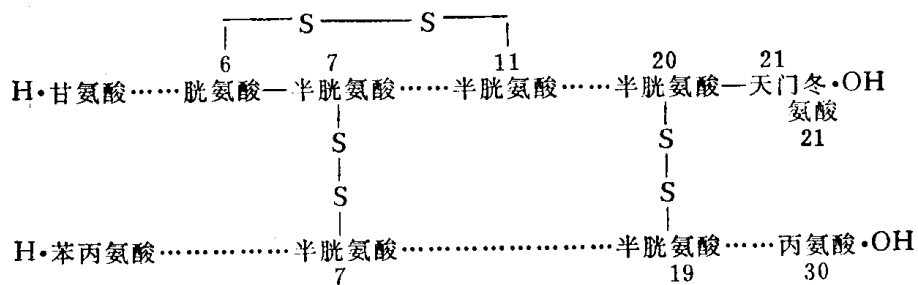


图 1—10 胰岛素分子的结构 (……代表省略的氨基酸)，共由51个氨基酸组成。有两条长链，以半胱氨酸的二硫桥相联结

蛋白质同糖类、脂肪一样可以水解。由蛋白质降解产生较短的肽链，叫做多肽 (polypeptide)，由多肽最后水解成氨基酸。

许多蛋白质还可与其它非氨基酸的化学分子结合形成结合蛋白质，例如蛋白质-脂类、蛋白质-核酸、蛋白质-糖类、蛋白质-色素等复合物，这些结合蛋白质在活细胞中起着重要的作用。