

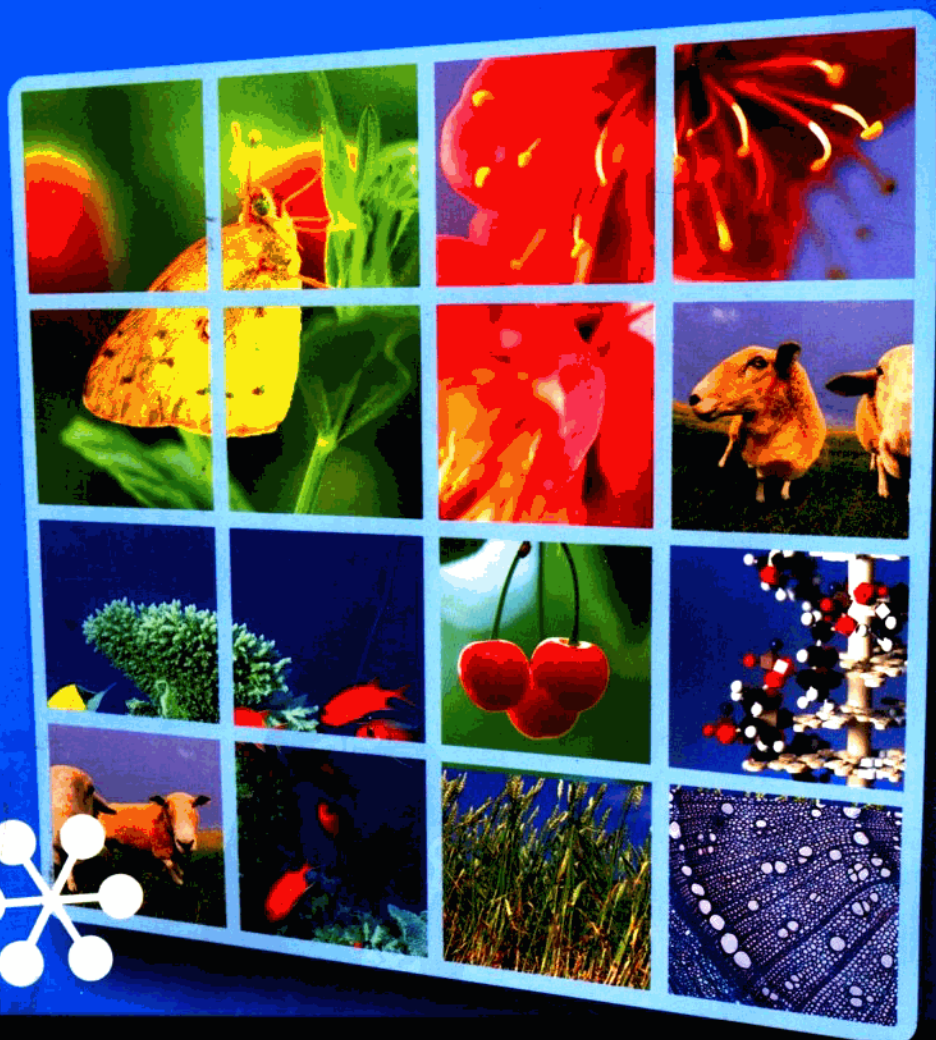
陈国生 刘恩山 主编 陈 炜 主审

修订版

生物学

奥林匹克教程

SHENGWUXUE AOLINPIKE JIAOCHENG



湖北科学技术出版社

《生物学奥林匹克教程》编委会

主 编 陈国生 刘恩山

副主编 崔 鸿 杨乾柏 鲍丹丹 袁均林

编 委 (以姓氏笔画为序)

艾 燕 刘恩山 刘家武 杨 洁

杨乾柏 张 铭 李 睿 陈国生

余泽华 吴法清 吴政星 周吉源

邹中菊 罗红艺 袁均林 崔 鸿

鲍丹丹

主 审 陈 炜

再版说明

《生物学奥林匹克教程》自 2001 年 7 月出版以来，已经经历两年多时间。近两年多来，是我国中学生物奥赛发展最为迅速的时期，参加竞赛的中学生几乎遍及全国。

不少参赛选手及中学培训教师使用该教程后，认为该教程是一本综合性强、内容全面的，涵盖了中学生物奥赛的各个部分，适合于在中学生物奥赛培训中使用。与此同时，他们 also 对该书提出了修改意见，在此编者向他们表示衷心的感谢。值此再版之际，原编者及其他部分教师对该书的部分内容作了必要的修改和补充（如第九章中增加了“动物地理分布”一节）。同时依据近年来全国联赛、全国竞赛和国际竞赛试题的特点，更换或增加了部分自测题。修改后的该书既保留了原教程的整体风格，又使其内容更全面、充实。本书除可供参加生物奥赛的师生用作培训、自学外，也可供中学理科考生作为高考复习备考的参考教材。

书中不足之处，仍请广大读者批评指正。

编者

2004 年 1 月

前 言

学科奥林匹克竞赛活动是对中学生进行素质教育的有效手段，也是培养经济建设人才后备力量的有效途径。我国自1992年相继举办全国中学生物奥林匹克竞赛和参加国际生物奥林匹克竞赛以来，取得了优异的成绩，也为大专院校输送了一大批品学兼优的热爱生物学的学生。

在开展生物奥林匹克竞赛培训活动的过程中，广大参加培训工作的中学生物教师和立志参加竞赛的学生迫切需要一本综合性强、内容全面的生物奥林匹克竞赛培训教材，以解决生物科学的二级学科多而造成的培训和中学各学科正常学习的矛盾。为此我们组织了湖北省长期从事生物奥林匹克竞赛培训的教师编写了这本《生物学奥林匹克教程》，以满足生物奥赛培训之需。编者中既有战斗在中学生物奥赛培训第一线，并在国内、国际竞赛中取得优异成绩的中学生物特级教师和高级教师，也有湖北省中学生物奥林匹克竞赛培训基地——华中师范大学生命科学学院的教授和副教授。本书以“国际生物学奥林匹克竞赛(IBO)纲要”和“全国中学生生物竞赛大纲”的基本要求为基础，结合生物学的学科特点编写，全书分为5篇共15章，内容包括细胞的化学组成，形态结构，代谢，生命活动；植物形态解剖，类群，生物；动物的生殖与发育，类群与分布，生理，行为；生物的遗传与进化，生物与环境，人与自然等。每章在精选竞赛所需基本知识基础上，还配有自测题，以便于学生检测培训和自学效果。

本书在编写的过程中，注意了全书内容上的均衡性、整体性，各篇可自成体系，既适于作培训教材，又可供学生自学。书中不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2001年7月

目 录

第一篇 细胞生物学	(1)
第一章 细胞的化学组成	(1)
第一节 水和无机盐	(1)
第二节 糖类	(3)
第三节 脂类	(8)
第四节 蛋白质	(11)
第五节 核酸	(18)
自 测	(21)
第二章 细胞的形态结构与功能	(24)
第一节 细胞的形状与大小	(24)
第二节 原核细胞与真核细胞	(24)
第三节 非细胞形态的生命体——病毒	(27)
第四节 真核细胞的亚显微结构	(28)
自 测	(36)
第三章 细胞代谢	(39)
第一节 新陈代谢与酶	(39)
第二节 细胞的物质代谢	(41)
第三节 细胞的能量代谢	(52)
第四节 核酸及蛋白质的生物合成	(56)
自 测	(64)
第四章 细胞的生命	(66)
第一节 细胞周期	(66)
第二节 细胞分裂	(66)
第三节 细胞分化	(69)
第四节 细胞的衰老与癌变	(70)
自 测	(72)
第二篇 植物学	(75)
第五章 植物形态解剖	(75)
第一节 植物的组织和组织系统	(75)
第二节 种子和幼苗	(77)
第三节 种子植物的营养器官	(79)
第四节 种子植物的繁殖与繁殖器官	(93)

自 测	(101)
第六章 植物的类群	(106)
第一节 分类的基本知识	(106)
第二节 藻类植物	(107)
第三节 菌类植物	(109)
第四节 地衣门	(112)
第五节 苔藓植物门	(113)
第六节 蕨类植物门	(114)
第七节 裸子植物门	(115)
第八节 被子植物	(117)
自 测	(121)
第七章 植物的生活	(125)
第一节 植物的水分代谢	(125)
第二节 植物的矿质代谢	(127)
第三节 植物的光合作用	(130)
第四节 植物的呼吸作用	(137)
第五节 植物体内有机物的运输	(141)
第六节 植物生命活动的调节	(142)
第七节 光形态建成	(144)
第八节 植物的运动生理	(145)
第九节 植物的生殖生理	(145)
自 测	(148)
第三篇 动物学	(157)
第八章 动物的生殖与发育	(157)
第一节 动物生殖的方式	(157)
第二节 多细胞动物的个体发育	(158)
第三节 动物的个体发育与系统发育	(161)
自 测	(162)
第九章 动物的类群	(164)
第一节 原生动物门	(164)
第二节 多孔动物门	(166)
第三节 腔肠动物门	(167)
第四节 扁形动物门	(169)
第五节 原腔动物	(172)
第六节 环节动物门	(173)
第七节 软体动物门	(175)
第八节 节肢动物门	(178)
第九节 棘皮动物门	(182)
第十节 脊索动物门	(183)

第十一节 脊椎动物亚门的主要特征	(187)
第十二节 圆口纲	(187)
第十三节 鱼纲	(188)
第十四节 两栖纲	(192)
第十五节 爬行纲	(195)
第十六节 鸟纲	(199)
第十七节 哺乳纲	(204)
第十八节 动物地理分布	(208)
自 测	(210)
第十章 动物的组织与器官系统	(217)
第一节 动物的组织	(218)
第二节 运动系统	(220)
第三节 细胞的电活动和跨膜信号传递	(222)
第四节 消化系统	(225)
第五节 循环系统与免疫系统	(229)
第六节 呼吸系统	(233)
第七节 排泄系统	(235)
第八节 生殖系统	(237)
第九节 神经系统与感官	(239)
第十节 内分泌系统	(242)
自 测	(244)
第十一章 动物的行为	(248)
第一节 动物行为的主要类型	(248)
第二节 行为发生的生理基础	(253)
第三节 动物行为的遗传与进化	(254)
自 测	(255)
 第四篇 生物的遗传与进化	 (259)
第十二章 遗传与变异	(259)
第一节 遗传的基本规律	(259)
第二节 连锁与交换和遗传学图	(264)
第三节 性别决定与伴性遗传	(267)
第四节 基因互作与数量性状遗传	(270)
第五节 变异	(273)
第六节 核外遗传及微生物遗传	(276)
自 测	(277)
第十三章 生物的进化	(284)
第一节 生命的起源	(284)
第二节 生物进化机理与进化方式	(285)
第三节 生物进化的证据	(286)

第四节	物种起源	(288)
第五节	人类的起源	(289)
自 测		(290)
第五篇	生物与环境	(299)
第十四章	生态学	(299)
第一节	生态因子	(299)
第二节	种群	(302)
第三节	群落	(304)
第四节	生态系统	(305)
第十五章	人与自然	(309)
第一节	人口问题	(309)
第二节	环境污染与生物净化	(309)
自 测		(311)
参考答案		(321)

第一篇 细胞生物学

第一章 细胞的化学组成

细胞的物质成分,主要分两大类。一类是无机物,包括水和无机盐;另一类是有机物,包括小分子有机物(如维生素等)和大分子有机物(如蛋白质、核酸、多糖等)。

第一节 水和无机盐

一、水

生物的体系基本上都是水的体系,生命来源于水,生命活动的过程离不开水。生物体中绝大多数成分是水分子,动物体内水的含量高达90%以上。水是生物氧化过程中的产物,也是生物氧化的环境。因此,水是生命活动中最基本的而且是最重要的物质之一。水与生命的关系主要有三个方面:其一,水是生物体中最基本的组成成分;其二,生命的一切活动均离不开水;其三,水是生物体内化学反应(生物氧化)的产物。

二、无机盐

生物体内除水以外的其他无机物主要是无机盐。无机盐在生物体内的作用主要有:①作为生物体的基本组成成分;②作为生命活动中生物大分子的辅助因子。生物体的必需元素按其含量又可分为常量元素和微量元素。

必需元素 { 常量元素: C、H、O、N、Na、K、Ca、Mg、S、P、Cl 等
微量元素: Mo、Mn、Fe、Co、Cu、Zn、V、Cr、I、F、Si、Ni、Se、As、Sn 等

生物元素及其功能见表1。含金属和需要金属的生物分子见图1。

表1 生物元素及其功能

元 素	符 号	功 能
氢	H	水、有机化合物的组成成分
硼	B	植物生长必需
碳	C	有机化合物组成成分
氮	N	有机化合物组成成分
氧	O	水、有机化合物的组成成分
氟	F	鼠的生长因素,人骨骼的成长所必需
钠	Na	细胞内外的阳离子

含金属和需要金属的生物分子

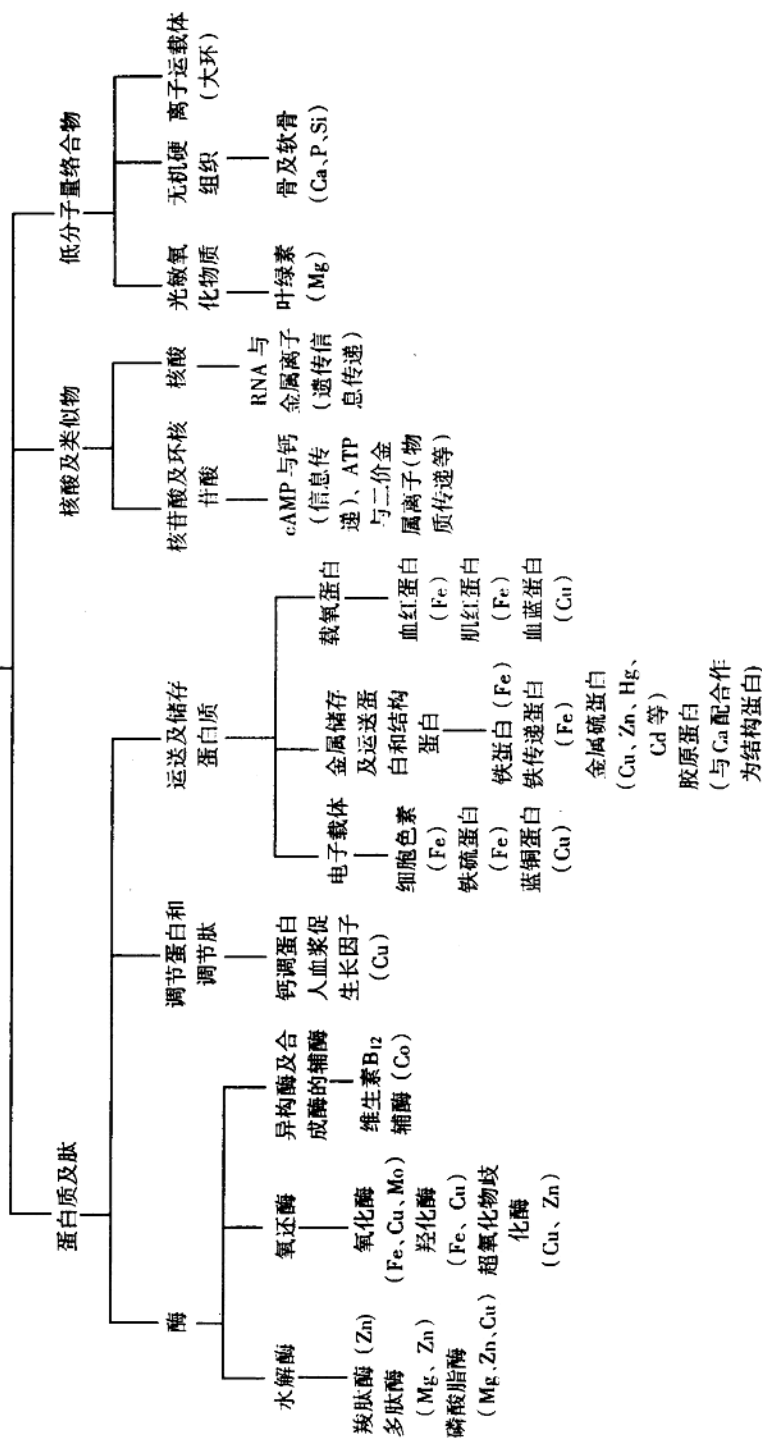


图 1 含金属和需要金属的生物分子

元 素	符 号	功 能
镁	Mg	酶的激活,叶绿素构成,骨骼的成分
硅	Si	在骨骼、软骨形成的初期阶段所必需
磷	P	含在 ATP 等之中,为生物合成与能量代谢所必需
硫	S	蛋白质的组分,组成铁-硫蛋白质
氯	Cl	细胞内外的阴离子
钾	K	细胞内外的阳离子
钙	Ca	骨骼、牙齿的主要组分,神经传递和肌肉收缩所必需
钒	V	鼠和绿藻生长因素,促进牙齿的矿化
铬	Cr	促进葡萄糖的利用,与胰岛素的作用机制有关
锰	Mn	酶的激活,光合作用中水光解所必需
铁	Fe	最主要的过渡金属,组成血红蛋白、细胞色素、铁-硫蛋白等
钴	Co	红血球形成所必需的维生素 B ₁₂ 的组分
铜	Cu	铜蛋白的组分,铁的吸收和利用
锌	Zn	许多酶的活性中心,胰岛素组分
硒	Se	与肝功能、肌肉代谢有关
钼	Mo	黄素氧化酶、醛氧化酶、固氮酶等所必需
锡	Sn	鼠发育必需
碘	I	甲状腺素的成分

第二节 糖 类

自然界中分布最广、数量最多,并且具有广谱的化学结构和生物学功能的一类有机化合物,就是糖类化学物。从低等的细菌到高等的动、植物均含有糖类,它主要由绿色植物经光合作用形成,故植物体中糖类含量最为丰富,约占其干重的 85% ~ 90%。而异养型生物则以糖类为营养物质。

一、糖类的概念与分类

1. 糖类的概念 糖类化合物主要是由碳、氢和氧所组成,其中氢和氧的比例往往又是 2 : 1,恰与水分子中氢和氧的比例相同。因此最初用 $C_n(H_2O)_m$ 通式表示,统称为碳水化合物。后来发现有许多糖类化学物的结构不符合 $C_n(H_2O)_m$ 的结构通式,例如脱氧核糖($C_5H_{10}O_4$)。而有些非糖物质,如甲醛(CH_2O)、乳酸($C_3H_6O_3$)和乙酸($C_2H_4O_2$)等,它们分子中氢和氧原子数的比例恰好又是 2 : 1。此外还发现有些糖类化合物中除含有 C、H、O 外还含有 N、S 和 P 等其他元素,因此碳水化合物这一名称显然对糖类化合物不恰当。

从糖类物质的基团组成来看,均有醛基或酮基以及羟基,故现在将糖类化合物命名为多羟基醛或酮及其缩聚物和某些衍生物。

2. 糖类化合物的分类 糖类化合物按其组成为单糖、寡糖和多糖三大类。

单糖即一个糖分子不能再被水解为更小单位的糖,也就是最简单的糖。单糖根据其碳原子组成数目又分为丙糖、丁糖、戊糖、己糖、庚糖等。在单糖结构中根据其羰基的特点又分为醛糖和酮糖两类。同数碳原子的醛糖和酮糖常互为异构体,如葡萄糖、果糖。

寡糖一般是由 2 ~ 10 个单糖分子缩合失去水分子而形成的糖,它是单糖的低聚糖。水解

后产生单糖,如蔗糖、麦芽糖等。

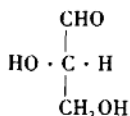
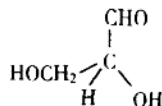
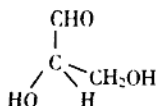
多糖即由多个单糖分子通过缩合失去若干个水分子而形成的糖,是单糖的高聚物,其分子彻底水解后也产生单糖。多糖中根据其分子中单糖的组成又分为两类,同一单糖分子组成的多糖称同多糖,如淀粉、纤维素等。而由不同单糖分子组成的多糖称为杂多糖,如肝素等。多糖中根据其分子有无支链则又分为直链多糖(如直链淀粉)和支链多糖(如支链淀粉)。按其功能分为结构多糖(如纤维素)、贮存多糖(如淀粉)和抗原多糖。按其分布又分为胞外多糖、胞内多糖和胞壁多糖等。

如果糖类化合物中尚含有非糖物质部分,则此糖类称为糖缀合物或复合糖类,如糖肽、糖脂和糖蛋白。

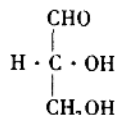
二、单糖的结构及性质

1. 单糖的构型 构型是指一个分子由于其中各原子特有的固定的空间排列,而使该分子所具有的特定的立体化学形式。当某一物质由一种构型转变为另一种构型时,要求共价键的断裂和重新形成。天然产物的单糖大多数只存在一种构型,如葡萄糖、果糖、核糖等都是 *D* 型,而阿拉伯糖、山梨糖等为 *L* 型。

现以最简单的单糖——甘油醛为例,甘油醛分子中只有一个不对称碳原子,不对称碳原子即连接四个不同原子或基团的碳原子。

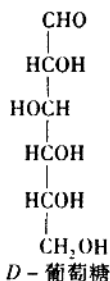


L - (-) 甘油醛

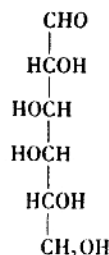


D - (+) 甘油醛

构型上的不同则是产生立体异构体的原因,甘油醛 2 号位碳原子为不对称碳原子,其 2 位羟基写在右边定义为 *D* 型,羟基写在左边的为 *L* 型。*D* 型和 *L* 型互成镜像,不能重叠,故这两类化合物称为一对“对映体”。在多个不对称碳原子的化合物当中,除一个不对称碳原子有所不同外,其余结构部分完全相同,这种仅一个不对称碳原子构型不同,两镜像非对映异构物称为差向异构体。如葡萄糖与半乳糖互为差向异构物。单糖中含 n 个不对称碳原子,则它的立体异构体为 2^n 种。



D - 葡萄糖



D - 半乳糖

当光波通过尼克棱镜时,由于棱镜的结构,通过的只是沿某一平面振动的光波,其他都被

遮断,这种光称为平面偏振光。分子不对称的化合物,具有使平面偏振光的振动方向发生旋转的能力。使偏振光振动面右旋的物质(顺时针方向)称为右旋光物质,以“+”表示,使偏振光振动面左旋的物质称为左旋光物质,以“-”表示。旋光度的大小在一定的条件下是一个常数。旋光度的表示法常用旋光率的大小表示即:

$$[\alpha]_D^t = \frac{\alpha_D^t \times 100}{l \times C}$$

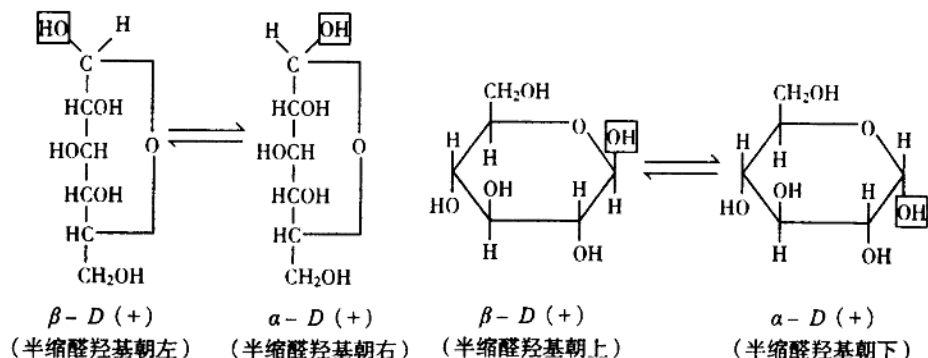
式中: l ——管的长度,以 cm 表示;

C ——浓度,以%表示;

α_D^t ——标准旋光率(钠灯 D 线, $\lambda = 589.6\text{nm}$ 和 589nm , 温度 20°C)。

D 、 L 是指构型,而“+”、“-”是指旋光方向,二者并无必然联系,是两个不同的概念。

2. 葡萄糖的环状结构 葡萄糖中的醛基是葡萄糖分子中唯一的还原性基团,但葡萄糖又与醛类物质不同,不能与两分子醇起缩合反应,而只能与一分子醇形成半缩醛物质。葡萄糖分子中其羟基与醛基自身缩合而形成环状的半缩醛物质。天然的葡萄糖多以六元环(即吡喃型)的形式存在。



D -葡萄糖在不同的溶液中结晶出来时,有不同的旋光率,水中结晶出的 D -葡萄糖 $[\alpha]_D^t = +112^\circ$ 称为 $\alpha\text{-D}(+)$ 葡萄糖,而在吡啶溶液中结晶出的 D -葡萄糖 $[\alpha]_D^t = +18.7^\circ$ 称为 $\beta\text{-D}(+)$ 葡萄糖。如果把两者分别在水中放置一段时间后,它们的旋光率都变成 $[\alpha]_D^t = +52.5^\circ$, 这种旋光率发生变化的现象称为变旋现象。

3. 重要的单糖及其衍生物

(1) 重要的单糖。

表 2 几种重要的单糖

糖 名	MP $^\circ\text{C}$	$[\alpha]_D^{20}$	存 在
D-核糖	87	-29.7°	RNA、某些维生素辅酶成分,广泛存在于细胞中
D-脱氧核糖	92.5	-58°	DNA 的成分,广泛存在于细胞中
L-阿拉伯糖	160	105°	多以结合态存在于纤维素、树胶、果胶、细菌多糖中
D-葡萄糖	146	52.7°	广泛分布于自然界,是糖苷、寡糖、多糖的组成成分
D-果糖	162	-92.4°	是蔗糖、果聚糖的成分
D-半乳糖	167	80°	是乳糖、醇胶、粘质等的组成成分

(2) 单糖衍生物。

①单糖磷酸酯:即单糖基上的羟基与磷酸作用缩去1分子水所形成的磷酸化合物,如6-磷酸葡萄糖。

②糖醇:即糖中的醛基或酮基被还原成羟基的化合物。糖醇较稳定,有甜味,如甘露醇。

③氨基糖:即糖中的羟基被氨基所取代生成的化合物,如D-氨基葡萄糖。

④糖苷:单糖的半缩醛羟基与非糖物质缩合形成的化合物。

⑤糖醛酸:即单糖的伯醇基被氧化成羧基而形成的化合物。

4. 单糖的性质

(1)一般性质。单糖为白色晶体,均有甜味,其中果糖最甜,易溶于水,不溶于有机溶剂,在水中具有变旋作用,熔点较高。单糖的旋光性是鉴定糖的一个重要指标。

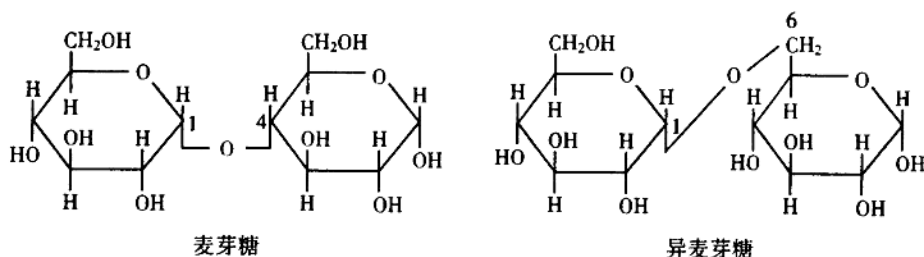
(2)还原性。单糖分子中含有游离的羰基,因此具还原性,弱氧化剂如溴水、碱性硫酸铜等可将葡萄糖氧化成葡萄糖酸。还原性糖可以用Fehling试剂或Benedict试剂(含硫酸钠的碱性溶液)来测定其浓度(生成氧化亚铜砖红色沉淀)。

(3)糖脎反应。单糖游离羰基能与3分子苯肼作用生成糖脎。糖脎为黄色结晶,难溶于水,各种糖生成的糖脎结晶形状和熔点均不相同,因此常用糖脎的生成来鉴定是否是糖及糖的类型。

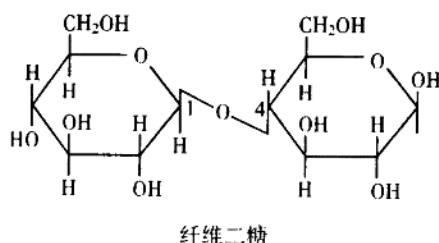
三、寡糖的结构及性质

寡糖是由少数几个单糖通过糖苷键连接起来的化合物,一般是多糖的水解产物,与稀酸共热时,可水解成各种单糖。自然界中以游离状态存在的寡糖主要是一些二糖和三糖,其中以二糖分布最为普遍。主要有以下几种:

1. 麦芽糖和异麦芽糖 麦芽糖和异麦芽糖大量存在于发芽的谷粒和麦芽中,是淀粉经淀粉酶水解后的产物。为两个分子葡萄糖缩合失去一分子水而形成。麦芽糖为 $\alpha-1,4$ 糖苷键,而异麦芽糖为 $\alpha-1,6$ 糖苷键。

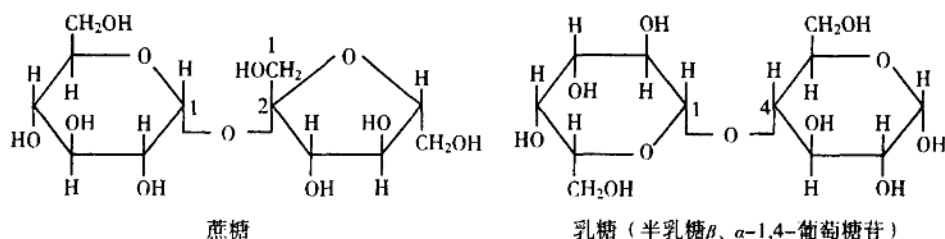


2. 纤维二糖 是纤维素的基本结构单位,由两分子葡萄糖通过 $\beta-1,4$ 糖苷键缩合失去一分子水而形成。



3. 蔗糖 蔗糖由 α -葡萄糖与 β -果糖通过 α, β -1,2 糖苷键缩合失去一分子水而形成, 它存在于甘蔗、甜菜等。有甜味的物质中, 日常生活中食用的糖主要是蔗糖。甘蔗中约含 20% 的蔗糖。

4. 乳糖 乳糖是由 α -葡萄糖与 β -半乳糖通过 α, β -1,4 糖苷键缩合失去一分子水而形成。乳糖主要存在于哺乳动物的乳汁中, 是乳婴食物中唯一的糖, 牛乳中含 4%, 人乳中含 5%~7%。



如果二糖中两个单糖基保留一个单糖基的半缩醛羟基为游离状态, 如麦芽糖、异麦芽糖、纤维二糖和乳糖等, 则此二糖具有还原性、变旋现象和生成糖脎等性质, 此类二糖称为还原糖。如果二糖中两个单糖基的半缩醛羟基均为结合状态, 如蔗糖, 则此二糖就无还原性, 此糖称为非还原糖。二糖均为白色晶体, 易溶于水、有旋光性、熔点较高, 均有甜味。

四、多糖

多糖是由多个单糖基以糖苷键相连而形成的高聚物, 它是自然界中分子结构复杂且庞大的糖类物质, 自然界中植物、动物和微生物均含有多糖。多糖除以游离状态存在外, 也常与蛋白质、脂类等以结合形式存在。

多糖中有的由一种单糖缩合而成, 此多糖称纯多糖或均一多糖, 如淀粉、纤维素等。有的多糖由两种或两种以上的单糖缩合而成的, 此多糖称杂多糖或不均一多糖, 如透明质酸、肝素等。

1. 直链淀粉 淀粉以大小不同的颗粒大量地存于植物种子、块茎及干果中, 它是植物营养物质的一种贮存形式。各种作物淀粉含量均有所不同, 如稻米含淀粉为 70%~80%, 小麦含淀粉 63%~67%, 玉米与小麦差不多, 山芋和马铃薯则含淀粉 13%~23%。

直链淀粉是由 200~300 个葡萄糖以 α -1,4 糖苷键相连。直链淀粉也不是完全伸直的, 而通常是卷曲或螺旋形状, 每圈为 6 个葡萄糖分子 (见图 2)。直链淀粉遇碘呈紫蓝色, 这是因为碘位于螺旋圈的中心腔, 与淀粉形成复合物, 在 620~680nm 间呈最大吸收。

2. 支链淀粉和糖原 支链淀粉中除 α -1,4 糖苷键外, 还含有 5%~6% 存在于分支点处的 α -1,6 糖苷键, 因此支链淀粉具有很多的分支, 其分子比直链淀粉大得多 (见图 3)。一般由 6 000 个以上的葡萄糖残基组成。其分支短链的长度平均为 24~30 个葡萄糖残基, 遇碘呈紫红色, 在 530~555nm 处呈最大吸收。

糖原是动物和细菌细胞内糖及其所反映的能源的一种贮存形式, 其作用相当于植物中的淀粉, 结构相当于支链淀粉; 故被称为“动物淀粉”。糖原呈无定形粉末状, 遇碘呈棕红色, 在 430~490nm 间呈现最大吸收。

糖原中每个分枝的平均长度比支链淀粉还要短, 仅有 12~18 个葡萄糖残基。

3. 纤维素 它是由葡萄糖通过 β -1,4 糖苷键形成的直链多糖, 大约由 8 000~10 000 个葡萄糖残基组成。它是地球上最丰富的天然有机化合物。棉花中纤维素高达 90% 以上, 它存

在于植物的细胞壁中,是植物的支持组织,不溶于水,能被细菌、真菌等微生物所分泌的纤维素酶水解为葡萄糖。除反刍动物外,一般不为动物所消化吸收。

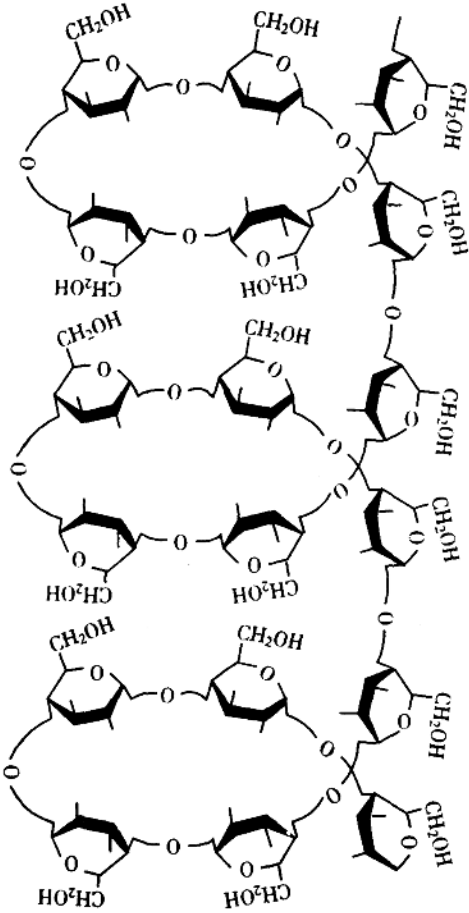


图 2 直链淀粉的螺旋形结构

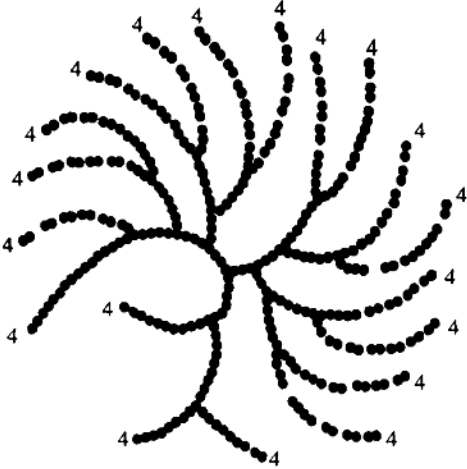


图 3 支链淀粉结构

第三节 脂 类

一、脂类的概念、分类及功能

脂类是较广泛的一类高分子化合物,其化学组成上碳氢元素的比例很高,因此这类化合物均有一共同的特性,即不溶于水而易溶于乙醚、氯仿、苯等非极性有机溶剂中,故可以利用这类溶剂将脂类物质从细胞或组织中萃取出来。脂类能溶于有机溶剂而不溶于水的这种性质称为脂溶性。

脂类是脂肪酸与醇类所形成的化合物及其衍生物、萜类、类固醇类及其衍生物的统称。

脂类物质按其组成可分为五大类：①单纯脂类，由脂肪酸与醇所形成的酯，其中甘油三酯称为油酯，而蜡则是高级醇的脂肪酸酯；②复合脂类，除醇类、脂肪酸外，尚含有其他物质，如甘油磷脂类含甘油、脂肪酸和某种含氮物质；③萜类及类固醇及其衍生物，此类物质一般均不含脂肪酸、都是非皂化性物质；④衍生脂类，指上述的脂类物质的水解产物及其氧化产物等；⑤结合脂类，脂类物质与其他物质如糖、蛋白质等结合而形成的化合物，如糖脂、脂蛋白。

脂类物质因其包括内容很广，因此在生物体内有其广泛的生物学功能，概括起来有如下几个方面：

(1) 生物膜的组成物质，磷脂是细胞膜的重要组分，脑组织中脂类物质占全部物质的 51% ~ 54%。

(2) 机体能量贮存和运输形式，机体内贮存的脂肪在糖供应不足时，能动用脂肪为机体提供能量。

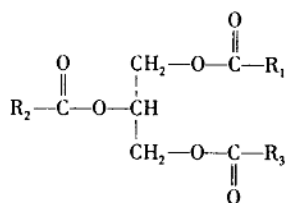
(3) 作为溶剂，脂溶性维生素如 A、D、E、K 等在机体内均溶解于脂肪中。

(4) 作为某种维生素、激素的组成成分，如维生素 D 含固醇类物质。人体的性激素和肾上腺皮质激素。

(5) 滑润剂、防止热量散发等，机体内皮下脂肪具有滑润、防止体内热量散发等作用。

二、脂肪

1. 脂肪的结构 脂肪也称为真脂，是脂肪酸与甘油形成的三元酯，故称甘油三酯。脂肪中的脂肪酸可以相同，但大多数是混合甘油酯。脂肪的化学结构通式如下：



植物中的脂和动物中的脂都是脂肪，但由于植物中的脂不饱和脂肪酸含量超过 70%，具有较低的熔点，在常温时为液体，故统称为油。而动物脂肪中不饱和脂肪酸含量低、熔点较高，常温下为固体，故一般称为脂。

2. 脂肪酸 脂肪酸一般以线性的碳氢链为主，其一端有羧基，脂肪中的脂肪酸一般有两类，即一类为饱和脂肪酸（不含烯键），另一类为不饱和脂肪酸（含有烯键）。饱和脂肪酸的组分主要是十六碳酸，也叫软脂酸。十八碳酸，也称硬脂酸。不饱和脂肪酸的组分以十八碳烯酸为主，含一个烯键的如油酸；含二个烯键的如亚油酸；含三个烯键的如亚麻酸。不饱和脂肪酸中的第一个双键都在 9 位和 10 位碳之间；第二个双键与第一个双键中间隔一个亚甲基（—CH₂—），即不共轭。天然的十八碳烯酸都是顺式结构。哺乳动物体内能合成饱和脂肪酸和单一不饱和脂肪酸，但不能合成亚油酸和亚麻酸等多不饱和脂肪酸。维持哺乳动物正常生长所必需的，而体内又不能合成的脂肪酸称为必需脂肪酸。