

江苏省中学生学科奥林匹克竞赛委员会组织编写

主 编 汪 忠 曹惠玲



生物学 奥林匹克

青少年学科奥林匹克竞赛丛书

南京大学出版社



青少年学科奥林匹克竞赛丛书
编辑委员会

顾问：王珉

主任委员：宋秀芳 周德藩

委员：吴国彬 李树奎 杨九俊

殷天然 甫开达 徐德明

执行编辑：冯少东 黄海鸥

《生物学奥林匹克》编写委员会(按姓氏笔画)

主编：汪 忠 曹惠玲

编委：王 玲 王明忠 王明华 汪 忠 孙蕴珂 李悦民

陆佩洪 金济明 施问华 顾德兴 龚雷雨 曹惠玲

编者：王 玲 王明忠 王明华 汪 忠 孙蕴珂 李悦民

汤文骏 陈允飞 陆风清 陆佩洪 施问华 顾德兴

曹惠玲 麋晓松

前 言

国际(中学生)生物学科奥林匹克竞赛(IBO)是世界上最有影响的中学生物学科竞赛活动。首届竞赛开始于1990年,我国从1993年首次派队参加第4届竞赛。中学生生物学科的竞赛活动不仅推动了各国生物科学教育的交流和教学水平的提高,增进了各国青少年学生的相互了解,而且大大加深了我国中学生对于生物科学的认识 and 关注,激发了他们学习生物科学知识的兴趣,有助于生物科学人才的早发现和早培养。

为了帮助广大中学生比较系统、准确地掌握生物学科奥林匹克竞赛所需的生物科学知识和相关的能力、技能,我们组织了部分在辅导生物竞赛方面有丰富经验的教师以及生物学科专家编写了此书。本书涉及生物科学的诸多分支学科。在高中生物学教学的基础上,注意知识面的拓宽和提高。同时重视生物科学新进展知识的介绍,有利于提高大多数中学生的生物科学素质。作者将众多生物科学知识,删繁就简,科学重组,力图言简意赅,重点突出,讲解透彻。同时,选编了较多的典型练习题,以期帮助学生举一反三,提高独立思考和创造性思维的能力。

本书既可以作为参加生物学科奥林匹克竞赛的赛前指导书,又可以作为“3+x”生物高考复习的指导书,也可以作为中学生物学教师的教学参考书。

在编写本书过程中南京师范大学、南京农业大学和南京大学的专家学者给予了积极的指导。本书在编写过程中还参阅了《普通生物学》(陈阅增)、《中学生奥林匹克竞赛生物学》(高信曾)、《高中生物》(赵欣如、高建军)等著作和文章,在此一并表示衷心的感谢!

由于时间仓促,不妥和错漏在所难免,恳请批评指正。

编 者

1999年12月

目 录

概 述

第一篇 细胞生物学

第一章 细胞的化学成分	(6)
第一节 水和无机盐	(6)
第二节 糖类	(7)
第三节 脂类	(9)
第四节 蛋白质	(10)
第五节 核酸	(15)
第二章 细胞的结构和功能	(24)
第一节 细胞的形态和大小	(24)
第二节 原核细胞和真核细胞	(24)
第三节 细胞膜和细胞壁	(26)
第四节 细胞质	(28)
第五节 细胞核	(32)
第三章 细胞的分裂、分化和衰亡	(41)
第一节 细胞的分裂	(41)
第二节 细胞的分化	(45)
第三节 细胞的衰老与死亡	(46)

第二篇 植物生物学

第一章 植物的代谢	(55)
第一节 水分代谢	(55)
第二节 矿质代谢	(70)
第三节 能量代谢	(77)
第二章 植物的繁殖	(94)
第一节 植物的无性生殖	(94)
第二节 植物的有性生殖	(95)
第三章 植物的生长和调节	(108)
第一节 植物的营养生长	(108)
第二节 植物的生殖生长	(108)
第三节 激素调节	(110)

第三篇 动物生物学

第一章 动物的代谢	(117)
第一节 消化和营养——消化系统	(117)
第二节 气体的交换——呼吸系统	(122)
第三节 物质的输送——循环系统	(127)
第四节 水盐平衡及废物的排除——排泄系统	(133)
第二章 生命活动的调节	(140)
第一节 神经调节——神经系统	(140)
第二节 激素调节——内分泌系统	(148)
第三章 生命的延续	(155)
第一节 生殖方式	(155)
第二节 生殖模式	(156)
第三节 生殖系统	(156)
第四章 动物的防御	(161)

第四篇 遗传变异与进化

第一章 生物的遗传和变异	(166)
第一节 孟德尔的遗传规律	(166)
第二节 染色体遗传学说	(179)
第三节 群体的遗传平衡定律	(191)
第四节 生物的变异	(195)
第二章 生物的进化	(203)
第一节 生命的起源、生物进化的证据和历程	(203)
第二节 生物进化的理论	(210)
第三节 人类的起源	(213)

第五篇 生物类群

第一章 生物分类概述	(230)
第一节 生物分类的方法	(230)
第二节 生物的分界	(230)
第三节 病毒和亚病毒	(231)
第二章 原核生物界	(233)
第一节 细菌	(233)
第二节 蓝藻及其他原核生物	(234)
第三章 原生生物界	(235)
第一节 原生生物的主要特征	(235)
第二节 原生生物的主要类群	(235)
第四章 真菌界	(238)

第一节 真菌门	(238)
第二节 真菌的主要类群	(238)
第三节 地衣门	(239)
第五章 植物界	(240)
第一节 多细胞的藻类植物	(240)
第二节 苔藓植物门	(241)
第三节 蕨类植物门	(242)
第四节 裸子植物门	(243)
第五节 被子植物门	(243)
第六章 动物界	(255)
第一节 无脊椎动物	(255)
第二节 脊椎动物	(257)
第三节 动物的行为	(271)

第六篇 生态学

第一章 生物与环境	(283)
第一节 生态因子及其作用原理	(283)
第二节 主要生态因子与生物的关系	(285)
第二章 种群和群落	(294)
第一节 种群	(294)
第二节 生物群落	(298)
第三章 生态系统和生态平衡	(305)
第一节 生态系统的组成和结构	(305)
第二节 生态系统的基本功能	(306)
第三节 生态系统的基本类型	(310)
第四节 生态系统的发育、进化和平衡	(314)
第四章 人与环境	(322)
第一节 环境污染	(322)
第二节 资源问题	(324)

第七篇 生物技术

第一章 现代生物技术	(329)
第一节 基因工程	(329)
第二节 细胞工程	(332)
第三节 微生物工程和酶工程	(334)
第二章 生物学实验技术	(337)
第一节 生物学实验常用器具及其使用方法	(337)
第二节 生物学实验基本技术和方法	(342)
参考答案	(353)

概 述

地球上的生物包括植物、动物、微生物和人类。虽然生物的种类繁多大小形状各异,但是它们的基本组成却都相似。除了病毒、类病毒以外,生物体都是由细胞组成的。细胞是生物体结构和功能的基本单位。

一、细胞

细胞一般都很微小,要用显微镜才能观察到。不同细胞的形状和大小也各不相同,但是它们的基本结构都是一样的,由细胞膜、细胞质、细胞核三部分组成。

植物细胞和动物细胞的区别 动物细胞的表面由细胞膜(质膜)包着,它控制着细胞内外物质的运输。在光学显微镜下,膜的表面看起来很光滑,但在电镜下观察,质膜的结构变动很大,这种变化与它的功能有密切关系。如,肝、肾细胞表面,质膜向外折叠成指状形成一排排极细的突起,称微绒毛,可以增加细胞的表面积,便于吸收各种物质。在植物细胞的膜外面还有细胞壁。细胞壁通常有两层,外壁较薄内壁较厚。在两个相邻的细胞壁之间有一层胶状物粘合在一起,称中胶层或胞间层。相邻细胞的细胞壁上有原生质丝相连,称胞间连丝,使细胞质互相流通。此外,植物细胞中有质体,液泡也特别明显。

二、组织

单细胞生物的身体是由一个细胞组成的。一个细胞就是一个完整的生物体。细胞分裂后产生的子细胞仍为单细胞生物。

多细胞生物体是由许许多多细胞组成。生物体在生长发育过程中,细胞分裂产生的许多新细胞中,除了一部分细胞具有分裂能力外,绝大部分细胞失去分裂能力,经过细胞分化成为各种有特定功能的细胞组织。

(一) 植物的组织

植物的组织根据其担负的主要功能和形态结构特点,可以分为:分生组织、基本组织、保护组织、输导组织、机械组织和分泌组织。

分生组织 植物发育的早期,胚细胞分裂产生的许多新细胞经过细胞分化,大多失去分裂能力,只有特定的未分化的组织仍保留着分裂能力,这样的组织就是分生组织。分生组织的细胞特点主要是:细胞小、壁薄、排列紧密、细胞核大、一般没有液泡或仅有分散的小液泡。

依分生组织性质来源不同可分为原分生组织、初生分生组织、次生分生组织。原分生组织位于根茎生长锥的最顶端;初生分生组织是由原分生组织衍生出来的细胞组成的。次生分生组织与茎和根的加粗以及重新形成保护组织有关。

依位置来分,分生组织可分为顶端分生组织、侧生分生组织和居间分生组织。顶端分生组

织位于根茎的顶端,侧生分生组织与根茎的加粗有关,居间分生组织位于茎的节间和叶鞘基部是成熟较迟的部分。禾本科植物的拔节抽穗就是由于居间分生组织的活动。

基本组织 广泛分布在植物体的各个器官内。这种组织的主要特点是由生活的薄壁细胞组成。细胞形态较大,壁薄细胞间隙大,细胞内原生质生活的时间较长,所以也叫薄壁组织。基本组织一般包括吸收组织、同化组织、贮藏组织、通气组织和传递细胞,他们担负吸收、同化、贮藏、通气、传递等功能,过去也称为营养组织。

保护组织 位于植物体的表面,一般由一层细胞组成。细胞排列紧密没有间隙,壁较厚且角质化,常具角质层或蜡被,有的还有毛。这些特点使水分不易向外散失,同时也有防止异物进入的作用。

输导组织 又称维管组织,植物体内运输水分和各种物质的组织。他们的主要特点是:细胞呈长管形,细胞间以不同方式相互连接。导管是由许多长柱形细胞纵行连接而成,运输水分。导管细胞幼时是生活的,成熟后,原生质体解体消失,横壁穿孔成为连通的管道。同时细胞壁木质化形成环纹、螺旋纹、网纹、孔纹等各种类型的管道。

管胞是另一种狭长两端尖细的管状细胞,壁厚且木质化,上有具缘纹孔,但不形成穿孔。它是裸子植物的主要输导组织,被子植物输水以导管为主也有管胞。

筛管是由许多柱形细胞上下连接而成,是活细胞,有丰富的原生质,成熟后细胞核消失,相连横壁上有许多小孔,叫筛孔,整个横壁叫筛板。细胞质通过筛孔贯穿于细胞之间,养分通过筛孔运输。被子植物筛管旁常有一个或几个狭长的薄壁细胞称伴胞,也是活细胞,其功能与筛管运输物质有关。

机械组织 在植物体内具支持作用。细胞大多为细长形,具有加厚的细胞壁。常见的有厚壁组织和厚角组织。厚壁组织的细胞都有加厚的次生细胞壁,并大多木质化。成熟细胞一般没有生活的原生质体。厚壁组织包括纤维和石细胞。纤维是主要的机械组织,在核桃的桃壳里有石细胞。

厚角组织是生活的细胞,细胞壁在细胞的角隅处加厚,主要由纤维组成,细胞壁硬度不强,具弹性。厚角组织一般分布在幼茎和叶柄处。

分泌组织 植物的表面或体内有一些可以产生特殊物质的蜜汁、黏液、挥发油、树脂、乳汁的细胞群,就是分泌组织。常见的有腺毛、蜜腺、油囊、树脂道和乳汁管等。

(二) 动物和人体的组织

动物和人体的组织基本可以分为四大类:上皮组织、结缔组织、肌肉组织和神经组织。

上皮组织 覆盖在身体的表面和体内各种管、腔及囊的内表面。无脊椎动物的上皮组织一般只由一层细胞组成,脊椎动物的上皮组织有单层的也有多层的。上皮组织的特点是:细胞排列紧密,细胞间质少。上皮组织一般没有血管,营养一般由深层结缔组织中的血管供应。上皮组织具有保护、分泌、吸收和排泄等功能。分布在身体不同部位的上皮功能也各不相同。如,体表的上皮以保护为主,消化管内面的上皮除保护功能以外还具有分泌功能。

结缔组织 分布最广、种类最多的一类组织,包括疏松结缔组织、致密结缔组织、脂肪组织、网状结缔组织、软骨组织、骨组织和血液等。结缔组织是由细胞和大量的细胞间质构成,具有支持、保护、连接、防御、修复和运输等功能。

肌肉组织 由特殊分化的肌细胞组成。肌细胞的形状细长如纤维,通常也叫肌纤维。许多肌细胞聚集在一起,周围被结缔组织包围而形成肌束。肌束间有丰富的血管提供营养物质和进

行氧和二氧化碳的交换。肌细胞的主要功能是收缩。人体的各种动作、体内各脏器的活动,如呼吸、循环、排泄和消化等都离不开肌肉组织的活动。

根据肌肉组织的形态和功能特点可分为骨骼肌(又称横纹肌)、心肌和平滑肌三种。

神经组织 主要由神经元(神经细胞)和神经胶质细胞组成。这两种细胞都有突起,但具有不同功能。神经细胞是高度分化的细胞,是构成神经系统的结构和功能单位,具有感受体内、外刺激产生兴奋和传导神经冲动的功能。神经胶质细胞没有传导神经冲动的功能,对神经元起着支持、绝缘、营养和防御等作用。神经组织广泛分布在身体各个部位和器官,在调节整个机体活动时起着极其重要的作用。

三、器官和系统

器官 多细胞生物体内,由不同的组织按一定的方式结合起来形成具有一定功能的结构单位,称为器官。如,植物的根、茎、叶、果实、种子、花;动物的眼、胃、心脏等。

系统 在动物和人体内,一些器官进一步有次序的连接起来进行一种或几种生理活动,就构成了系统。如人的口、咽、食管、胃、肠、肛门等消化器官以及唾液腺、肝脏等消化腺按一定的顺序连在一起共同完成人体消化和吸收营养物质的任务,构成了消化系统。

生物体是一个统一的整体,各器官或系统的协调活动,实现了生物体的生长、代谢、生殖和发育等生命活动。

例题解析

例1 下列属于组织的是

()

- A. 皮肤和肝脏
- B. 胰腺和肱骨
- C. 动脉血和动脉血管
- D. 口腔黏膜和皮下组织

解析 在对此题作出正确判断之前,首先要弄清组织和器官的概念,以及它们之间的关系。器官是由多种组织构成的能行使一定功能的结构单位。此题中A、B两项中,皮肤、肝脏、胰腺、肱骨都是器官;C答案中,血液是组织而血管是器官;D答案中,口腔黏膜和皮下组织都是组织,所以正确答案应是D。

例2 食物引起唾液分泌的非条件反射中,效应器——唾液腺是

()

- A. 上皮组织
- B. 腺上皮
- C. 分布有神经和血管的器官
- D. 复层扁平上皮

解析 此题如选答案B是错的。人的口腔内有三大唾液腺,它们是由腺上皮和神经、血管构成的器官,此外口腔黏膜里还有许多小的唾液腺,是由腺上皮构成的组织。题干中明确指出是引起唾液分泌的效应器,因此该题的正确答案是C。

例3 双子叶茎的结构中,属于保护组织的是_____,属于输导组织的是_____,属于机械组织的是_____,属于分生组织的是_____;属于基本组织的是_____。这些组织的共同特点是由_____构成。

解析 解答这题首先要弄清两个问题,一是双子叶茎的结构,二是各种组织的功能,再就是组织的概念。双子叶茎的结构包括表皮、皮层和中柱。表皮通常由一层细胞组成,属于保护组织;皮层由多层薄壁细胞组成,属于基本组织;中柱内主要有维管束、髓和髓射线,其中筛管

和导管属于输导组织,韧皮纤维和木纤维属于机械组织,形成层属于分生组织,髓和髓射线属于基本组织。这些组织的共同特征是:由形态结构和功能相同的许多细胞连在一起的细胞群。

例4 人体的各个器官系统能够协调活动,使人体成为统一的整体,是由于_____和_____的调节作用。

解析 该题的答案是神经调节和体液调节。这里不要把体液答成激素调节,两者还是有区别的。体液调节是指化学物质如激素、 CO_2 等通过体液的传送来调节人体的生理功能。激素调节单指激素而言,多用于动物的生命活动的调节。

训 练

一、选择题

- 下列各项中,属于组织的是 ()
A. 西瓜 B. 大蒜的表皮 C. 豌豆苗 D. 蚕豆
- 下列具有分生组织的结构是 ()
A. 番茄果实 B. 洋葱根尖 C. 槐树叶片 D. 玉米茎木质部
- 梨核里的石细胞属于 ()
A. 机械组织 B. 输导组织 C. 分泌组织 D. 分生组织
- 松树茎的木质部里的树脂道主要属于 ()
A. 机械组织 B. 分泌组织 C. 输导组织 D. 营养组织
- 下列属于机械组织的是 ()
A. 双子叶植物茎的形成层 B. 洋葱鳞片叶的表皮
C. 蚕豆叶的叶肉 D. 木纤维和韧皮纤维
- 人体表面脱落的皮屑,主要是死亡细胞,这些细胞属于 ()
A. 复层扁平上皮 B. 单层柱状上皮 C. 单层扁平上皮 D. 纤毛上皮
- 下列属于组织的一组是 ①皮肤表皮 ②唾液腺 ③心肌 ④骨骼肌 ⑤腺上皮 ⑥血管 ⑦口腔黏膜 ()
A. ②①⑤⑦ B. ①③⑤⑦ C. ①②③④ D. ②⑤⑥⑦
- 在肝脏中,其具有的主要组织是 ()
A. 结缔组织 B. 上皮组织 C. 肌肉组织 D. 神经组织
- 下列结构中,细胞间质特别发达的是 ()
A. 神经节和淋巴结 B. 上臂骨和肱三头肌
C. 关节囊和真皮 D. 毛细血管壁和肺泡壁
- 覆盖在身体表面和体内各种管腔内表面的组织是 ()
A. 上皮组织 B. 结缔组织 C. 肌肉组织 D. 神经组织
- 结缔组织具有的作用是 ①保护 ②运动 ③传导 ④营养 ⑤支持 ⑥收缩 ⑦连接 ()
A. ①②③⑥ B. ②③④⑤ C. ①③⑥⑦ D. ①④⑤⑦
- 心脏的内表面的上皮是 ()
A. 复层扁平上皮 B. 单层柱状上皮 C. 单层扁平上皮 D. 纤毛上皮

13. 由内胚层细胞发育来的上皮组织是 ()

- A. 骨膜 B. 呼吸道黏膜 C. 肾小管上皮 D. 毛细血管

14. 下列不属于结缔组织的是 ()

- A. 真皮和皮下组织 B. 血管中层和肠粘膜
C. 血液和淋巴 D. 血管外层和肠系膜

15. 人脑中主要是神经组织,心脏主要由心肌构成,这说明 ()

- A. 器官都是由一种基本组织构成 B. 器官是由四种基本组织构成
C. 器官的结构与功能相适应 D. 器官的组织结构与功能互相影响

16. 绿色开花植物的植物体的构成是 ()

- A. 组织→器官→细胞→植物体 B. 器官→细胞→组织→植物体
C. 细胞→系统→器官→植物体 D. 细胞→组织→器官→植物体

二、简答题

1. 人体的基本组织有四种,胃壁的黏膜属于_____组织,膈属于_____组织,关节韧带属于_____组织,脊髓灰质属于_____组织。以上组织在结构上共同特点是由_____和_____构成。

2. 右下图是人体某器官内壁的组织结构图,据图回答

该图属于_____组织,来源于_____胚层,叫_____上皮。

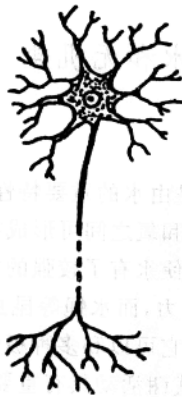
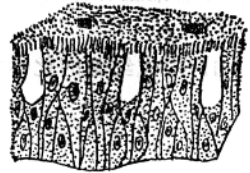
3. 下图是两种细胞的模式图,据图回答

(1) 图 A 是_____细胞,它由_____和_____两部分组成,具有的功能是受到刺激后能够_____。

(2) 图 B 是_____细胞,具有的功能是_____。

(3) 动物细胞和植物细胞的重要区别是:_____。

(4) 画一个人的口腔上皮细胞并注明各部分的名称。



第一篇 细胞生物学

继 1665 年罗伯特虎克用自制的显微镜首次观察到细胞(其实是只剩下细胞壁的死亡的植物细胞)后,许多学者开始对生物体微观结构进行漫长的研究工作,直到 19 世纪 30 年代末,德国的施莱登和施旺提出了细胞学说,对于细胞结构的研究才建立起一个初步的轮廓。其后,随着显微镜放大倍率和分辨率的不断提高,染色方法的使用和改进,高速离心、同位素示踪等技术的应用,特别是电子显微镜的诞生,使得细胞结构与功能的研究进展迅速,现在的细胞生物学已发展成为从显微水平、亚显微水平和分子水平三个层次上研究细胞生命活动的有多个分支的重要学科。

第一章 细胞的化学成分

尽管细胞有种类、形态和功能的差别,但是所有细胞的化学成分却基本相似。

- | | | |
|--------------|---|---|
| 1. 构成细胞的化学元素 | { | 主要元素: { C、H、O、N、P、S 占原生质的 95%
K、Ca、Na、Mg、Cl、Fe |
| | | 微量元素: Cu、Co、Mn、Zn |
| 2. 构成细胞的化合物 | { | 水和无机盐 |
| | | 糖类 |
| | | 脂类 |
| | | 蛋白质 |
| | | 核酸 |

第一节 水和无机盐

一、水

水是生命的介质,没有水就没有生命,这是由水的重要特性决定的。① 水分子中,氧和氢之间形成有极性的共价键,而相邻水分子的氢和氧之间可形成很脆弱的氢键,其结果是水分子总是以不稳定的氢键连成一片,水的这一特性使水有了较强的内聚力和表面能力。根、茎、叶导管中连续水柱的形成,正是由于水分子的内聚力,而水蝇等昆虫能在水面上行走,则是由于水分子较高的表面能力。② 水分子是极性分子,它可以和多种极性分子如纤维素、淀粉和蛋白质结合,这就是水的附着力,这对于细胞正常的代谢活动具有重要意义。③ 水分子具有高比热和高蒸发热的特性,可使细胞的温度和代谢速率得以保持稳定,有利于维持体温。④ 水分子固态时(冰)的密度比液态水的密度低,所以冰漂浮在水面,这既形成了一个绝缘层,又保证了水生

生物的生存。

水在细胞内以结合水和自由水两种状态存在。结合水是指主要依靠氢键与蛋白质等分子的极性基团结合而不能蒸发、无流动性的水分子,它是细胞的成分之一。自由水是流动的、易蒸发的水,是细胞和生物体内的良好溶剂,是各种生理活动、许多生化反应的介质;自由水还可促进营养物质和代谢废物的运输。此外,植物细胞中的水对维持细胞的紧张度、保持植物体固有姿态也起着重要作用。

通常情况下,细胞内自由水的含量比结合水多,但是当细胞内自由水和结合水的含量发生变化时,细胞的代谢活动和生理功能将发生显著变化。当自由水比例增加时,代谢活跃,生长迅速;而当结合水的含量增加时,代谢强度就会下降,细胞及生物体的抗寒、抗热、抗旱性则会提高。

二、无机盐

无机盐在细胞中,一般都是以离子状态存在,含量较少。其生理功能主要有:①一些离子是合成有机分子的原料,如 PO_4^{3-} 是合成磷脂、核酸、ATP 的原料, Fe^{2+} 是合成血红蛋白、细胞色素的原料, Mg^{2+} 是合成叶绿素分子的原料, Co^{2+} 是维生素 B_{12} 的必要成分。②无机盐离子对细胞的渗透压和 pH 值起着重要的调节作用,细胞内外无机盐的含量是维持细胞渗透压稳定的重要因素。细胞内或血浆中 $\text{HPO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 、 $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ 等重要缓冲体系,可以调节并维持 pH 值。③有些离子是酶的活化因子和调节因子,或者是酶、激素、维生素的重要成分之一。如 Cl^- 可以激活唾液淀粉酶的活性, Ca^{2+} 可以促进血液中凝血酶原转变为凝血酶,有 70 多种酶含 Zn。

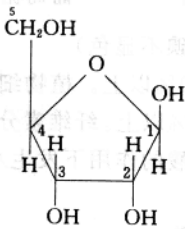
第二节 糖类

糖类是细胞中很重要的有机化合物,由 C、H、O 三种元素组成,其通式可用 $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$ (n 和 m 通常大于 2) 表示。确切地说,糖类是多羟醛或多羟酮类的化合物,一般可分为单糖、二糖、多糖三类。

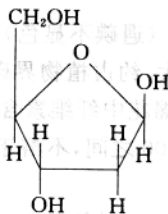
一、单糖

单糖是不能进行水解的小分子糖,易溶于水,有甜味。单糖的分子式是 $(\text{CH}_2\text{O})_n$ ($n \geq 3$), 根据其碳原子数,单糖可分为丙糖(如甘油醛)、丁糖(如赤藓糖),戊糖(如核糖、脱氧核糖),己糖(如葡萄糖、果糖、半乳糖)。单糖以醛糖和酮糖两种形式存在,核糖、脱氧核糖、葡萄糖、半乳糖等是醛糖,果糖是酮糖。

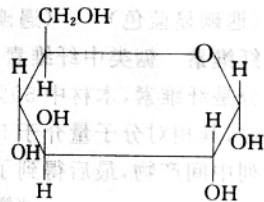
核糖 核糖是核糖核酸(RNA)的重要成分,其分子结构式如下:



核糖



脱氧核糖



葡萄糖

脱氧核糖 脱氧核糖是脱氧核糖核酸(DNA)的重要成分,其分子结构式如上。

葡萄糖 葡萄糖在自然界是光合作用的产物,广泛存在于动植物细胞中。其分子结构式如上。

单糖分子在溶液中,大多不以链式结构存在,而成环式结构,即分子中的醛基或酮基与另一个碳原子上的羟基反应,生成半缩醛,从而形成环式结构;而环上的碳原子是位于不同的面上,使单糖分子又成为船式或椅式构象,这种椅式构象最稳定(图 1-1)。

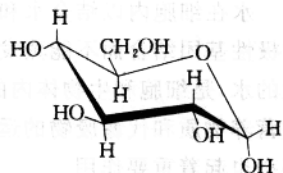


图 1-1 单糖分子椅式结构

二、二糖

由两个分子单糖缩合而成的糖称为二糖,如麦芽糖、蔗糖、乳糖、纤维二糖(是纤维素的基本结构单位)。

麦芽糖 麦芽糖是由两个葡萄糖分子缩合失去水后形成的。淀粉水解后可产生麦芽糖,如在小麦种子萌发后的麦芽中。麦芽糖是一种还原糖,能发生银镜反应。

蔗糖 蔗糖是由一分子葡萄糖和一分子果糖缩合脱水后形成的,普通食用白糖主要是蔗糖,甘蔗、甜菜、胡萝卜中富含蔗糖。蔗糖无还原性。

乳糖 乳糖是一分子葡萄糖和一分子半乳糖缩合脱水后产生的,存在于哺乳动物的乳汁中。乳糖具有还原性。

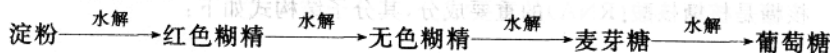
三、多糖

自然界数量最大的糖类是多糖,它是由多个单糖分子缩合、失水而形成的,没有甜味,也无还原性。多糖有的可构成植物和动物骨架的原料,如植物的纤维素和动物的甲壳多糖;有的作为贮能物质,如植物淀粉和动物糖元;还有一些多糖如果胶、琼脂、几丁质、甲壳质、粘多糖等,在某些生物体内具有特殊的生理功能。

淀粉 淀粉是植物细胞中贮存形式的多糖,其分子通式可用 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 表示。淀粉在酸的作用下,其最终水解产物是葡萄糖。用热水溶解淀粉时,可溶的一部分为直链淀粉,另一部分不能溶解的为支链淀粉。直链淀粉不分支,但又不是完全伸直的,而是卷曲成螺旋形,其相对分子量约在 60 000 左右,遇碘显蓝色。支链淀粉具有分支,其相对分子量在 200 000 以上,遇碘显紫色。

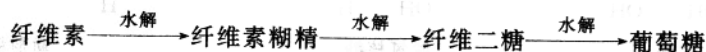
在一般的淀粉中都含有直链淀粉和支链淀粉,玉米、马铃薯的淀粉分别含 27% 和 20% 的直链淀粉,其余为支链淀粉;但糯米的淀粉全部为支链淀粉,豆类淀粉全部为直链淀粉。

淀粉用酸或酶水解过程是逐步进行的:



(遇碘显蓝色) (遇碘显红色) (遇碘不显色) (遇碘不显色)

纤维素 糖类中纤维素所占比例最大,约占植物界碳含量的 50% 以上。植物细胞壁的主要成分是纤维素,木材中 50% 是纤维素,棉花中纤维素含量则在 90% 以上。纤维素分子为不分枝长链,其相对分子量介于 50 000~400 000 之间,不溶于水。它在酸的作用下发生水解,经过一系列中间产物,最后得到了葡萄糖:



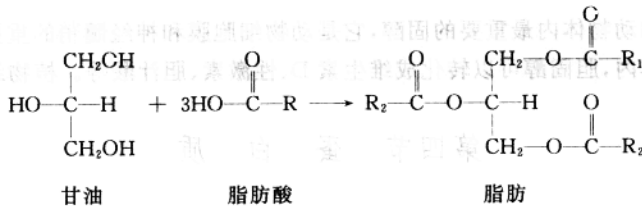
在某些高等动物如草食动物体内,具有纤维素酶来催化纤维素的水解,而人类尚没有这种酶,但它能刺激肠的蠕动,可减少癌的发生,因而对人也很重要。

糖元 糖元是动物细胞中贮存的多糖,其作用与淀粉在植物中的作用一样,故有“动物淀粉”之称。它在动物组织中分布很广,以肝脏、肌肉中贮量最大。其分子结构与支链淀粉相似,但其分支更多。糖元在水中的溶解度比淀粉大,其水解的最终产物为葡萄糖。糖元遇碘显红褐色。

第三节 脂 类

脂类包括的范围很广,这些物质在成分和分子结构上也有很大差异,但是它们都有共同的特性,即不溶于水,而易溶于乙醚、氯仿、苯等非极性溶剂中,用这类溶剂可将脂类化合物从细胞和组织中萃取出来。脂类具有重要的生物学功能:①是生物膜的重要成分;②是贮能物质,其热量价是糖类或蛋白质的一倍以上;③其导热性差,对动物来说,皮下脂肪可减少体内热量散失,维持正常体温;④有些脂类是重要的生物学活性物质,如维生素A、D,性激素,肾上腺皮质激素等;⑤细胞表面的一些脂类物质,还与细胞的识别、种的特异性和组织免疫等有密切关系。

脂肪 脂肪是甘油和脂肪酸结合而成的酯,在植物体内呈液态的称油。甘油分子有3个羟基,每一个羟基和一个脂肪酸分子中的羧基结合形成酯键,就形成一个脂肪分子:



由于脂肪分子没有极性基团,所以又称为中性脂肪,它是高度疏水的。脂肪酸的种类很多,一个脂肪分子中的3个脂肪酸可相同,也可不同,所以脂肪的种类也就很多。脂肪酸分为饱和脂肪酸(如软脂酸、硬脂酸)和不饱和脂肪酸(如油酸)两类。饱和脂肪酸的碳氢链上没有双键,其熔点较高,在室温下呈固态;不饱和脂肪酸的碳氢链上至少有一个双键,其熔点低,在室温下为液态。在高等植物和低温生活的动物中,不饱和脂肪酸的含量高于饱和脂肪酸。不饱和脂肪酸氧化后所形成的醛或酮又聚合成胶膜状化合物,桐油等可用作油漆即根据此原理。对于哺乳动物和人,至少有两种脂肪酸是必需营养成分,但又不能自己合成,只能从外界摄取。动物脂肪由于含饱和脂肪酸多,对心血管产生不利影响,宜少食。

磷脂 磷脂几乎全部存在于细胞的膜结构中,在脑、肺、肾、心、骨髓、卵及大豆细胞中含量最多。磷脂和脂肪的不同之处在于:甘油的一个 α -羟基不是和脂肪酸而是和磷酸结合成酯,即磷脂酸(如图1-2)。细胞中的磷脂分子有卵磷脂(如图1-3)、脑磷脂等。卵磷脂是生物膜的主要成分,并以双分子层形式(头部在外侧,尾部藏在内侧)构成膜的基本骨架。(详见第二章)。

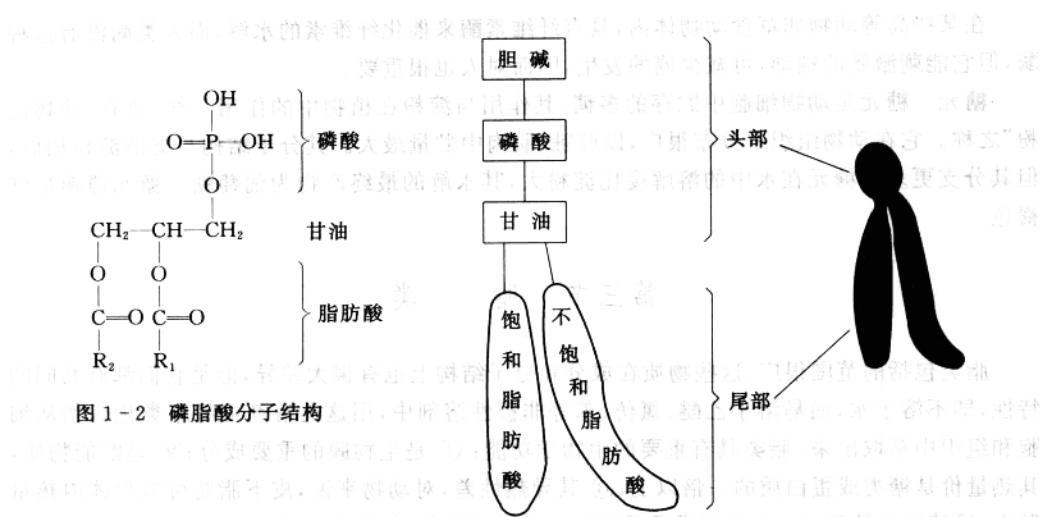


图 1-2 磷脂酸分子结构

图 1-3 卵磷脂结构

固醇 固醇是以环戊烷多氢菲为基本结构的一类物质,包括胆固醇、胆汁酸、维生素 D、性激素、肾上腺皮质激素等。它们不含脂肪酸,并不是脂,但理化性质与脂肪相近,不溶于水而易溶于有机溶剂。

胆固醇是人和动物体内最重要的固醇,它是动物细胞膜和神经髓鞘的重要成分,并与膜的透性有关。在人体内,胆固醇可以转化成维生素 D、性激素、胆汁酸等。植物细胞不含胆固醇。

第四节 蛋 白 质

蛋白质是构成细胞和生物体的重要物质,占细胞干重的一半以上。蛋白质是生物大分子,其分子量范围为 6 000~6 000 000 或更大,如牛胰岛素的相对分子量为 5 700,人血红蛋白为 64 500,大肠杆菌谷氨酰胺合成酶为 592 000,蜗牛蓝蛋白为 6 600 000。所有蛋白质都有共同的组成元素即 C、H、O、N、S,有些蛋白质还含有 P、Fe、Zn、Cu。蛋白质的平均含氮量约为 16%,这是其元素组成的一个特点,可作为测定蛋白质含量的计算基础。

蛋白质就其化学结构来说,是由 20 种氨基酸构成的高分子化合物,有些完全由氨基酸构成,称为简单蛋白质,如胰岛素、清蛋白;有些则由蛋白质和非蛋白质的辅基或其他分子结合在一起,称为结合蛋白质,如血红蛋白、糖蛋白。根据蛋白质的构象,又可以把蛋白质分成两大类:纤维蛋白质(不溶于水或稀盐溶液,作为生物体的结构成分存在)和球状蛋白质(多数溶于水,常作为细胞内动态功能的物质)。

一、氨基酸

种类 由蛋白质水解产生的氨基酸有 20 种,这些氨基酸多数是能在生物体内由其他化合物合成,但也有 8 种氨基酸是不能在人体内合成的,必须从食物中获得,叫必需氨基酸,如赖氨酸、色氨酸、苏氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸等。