

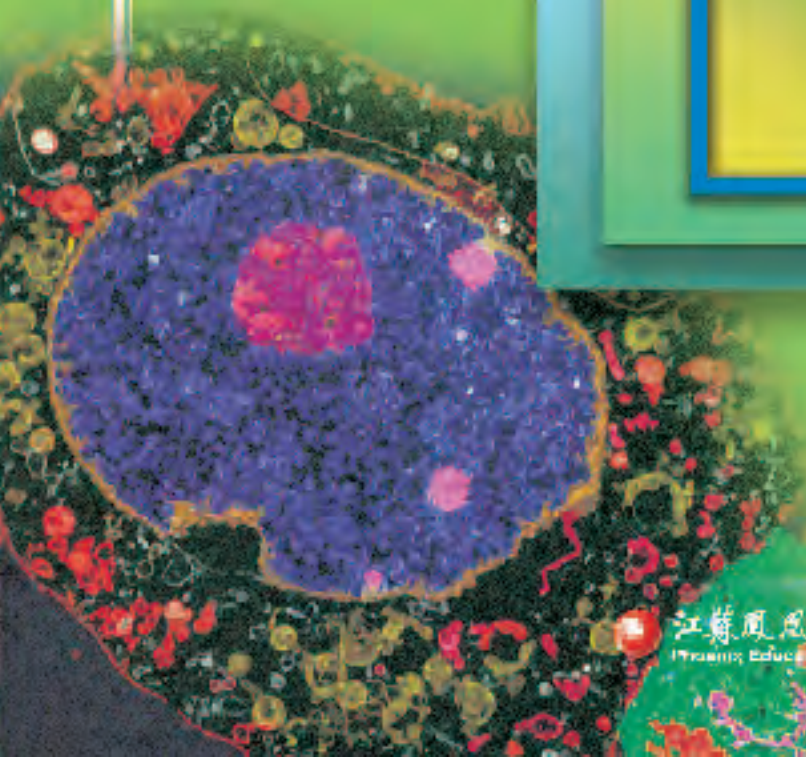


普通高中教科书

生物学

必修1

分子与细胞



江苏凤凰教育出版社
Jiangsu Education Publishing, Ltd.

普通高中教科书

生物学

必修1

分子与细胞

主编 汪忠

目 录

绪 论	1
-----	---

第一章 细胞的分子组成

第一节 细胞中的元素和无机化合物	5
构成细胞的元素	6
水和无机盐是细胞中的无机化合物	6
第二节 细胞中的糖类和脂质	11
碳链是形成生物大分子的骨架	12
糖类是细胞的重要结构成分和主要能源物质	12
◆走进实验室 检测生物组织中的糖类	15
脂质在维持细胞结构和功能中的作用	17
◆走进实验室 探究植物细胞是否含有脂肪	17
第三节 细胞中的蛋白质和核酸	21
细胞的功能主要由蛋白质完成	22
◆边做边学 检测生物组织中的蛋白质	24
核酸储存与传递遗传信息	24

第二章 细胞的结构和生命活动

第一节 细胞学说——现代生物学的“基石”	32
细胞学说的建立与发展	33
生物学研究的重要工具——显微镜	34

◆边做边学 正确使用光学显微镜的高倍镜	35
细胞的大小和形态	35
◆边做边学 使用光学显微镜观察各种各样的细胞	36
第二节 细胞——生命活动的基本单位	40
细胞质膜将细胞与外界环境分开	41
结构与功能独特的细胞器	44
◆边做边学 使用高倍镜观察叶绿体和线粒体	47
遗传信息主要储存在细胞核中	49
◆边做边学 制作真核细胞亚显微结构模型	52
细胞各部分结构分工合作	53
原核细胞和真核细胞的主要区别	54
第三节 物质进出细胞的运输方式	57
细胞质膜具有选择透过性	58
◆边做边学 观察植物细胞的质壁分离和复原现象	59
被动运输不需要细胞供能	61
主动运输需要细胞供能	62
细胞的胞吞和胞吐	64

第三章

细胞中能量的转换和利用

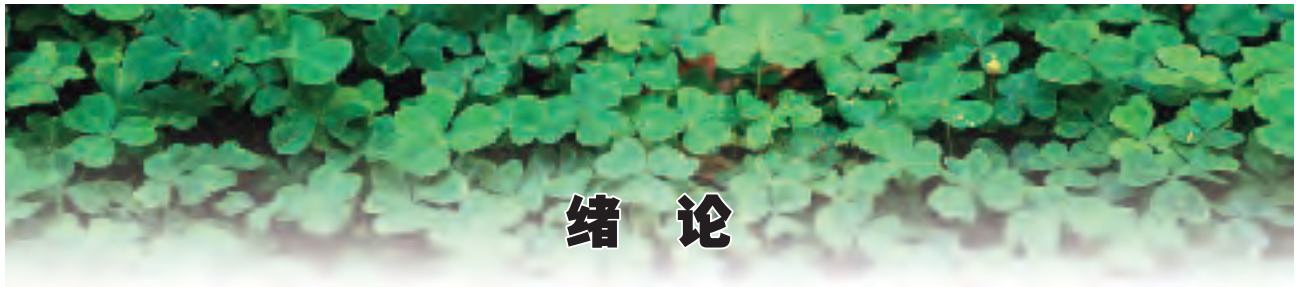
第一节 生命活动需要酶和能源物质	72
生物催化剂——酶	73
◆边做边学 酶的催化作用具有高效性	73
◆边做边学 酶的催化作用具有专一性	75
◆走进实验室 探究影响酶促反应速率的环境因素	76
ATP 是驱动细胞生命活动的直接能源物质	78

第二节 光合作用——光能的捕获和转换	83
解开光合作用之谜	84
叶绿体与光能的捕获	85
◆边做边学 提取和分离叶绿体中的光合色素	86
绿色植物光合作用的过程	87
第三节 细胞呼吸——能量的转化和利用	92
细胞有氧呼吸是大多数生物获取能量的主要途径	93
细胞无氧呼吸也为生命活动提供能量	94
◆走进实验室 探究酵母菌的呼吸方式	95
细胞呼吸产生能量的利用	97
第四节 影响光合作用和细胞呼吸的环境因素	100
影响光合作用的环境因素	101
◆走进实验室 探究不同光质的光对植物光合作用的影响 ...	102
影响细胞呼吸的环境因素	103
光合作用和细胞呼吸原理的应用	105

第四章

细胞增殖、分化、衰老和死亡

第一节 细胞增殖	113
生物体的生长主要是细胞增殖的结果	114
细胞增殖和有丝分裂	114
◆走进实验室 观察植物根尖细胞有丝分裂	117
减数分裂和无丝分裂	119
第二节 细胞分化、衰老和死亡	123
细胞分化和细胞全能性	124
细胞衰老和细胞死亡	126



绪 论

一、为什么要学习“分子与细胞”模块的内容？

生物学是自然科学中的基础学科之一,是研究生命现象和生命活动规律的一门科学,也是农、林、牧、副、渔、医药卫生和环境保护以及其他应用科学领域的基础。我们为什么要学习“分子与细胞”模块的内容呢?

首先,“分子与细胞”模块是现代生物学的核心内容。

生物学是解决当前人类面临的人口、能源、粮食、环境和健康等问题的关键学科之一,它的发展对社会的影响越来越大。

以健康问题为例,生物学一直在发挥着重要作用。在人类发展史上,许多传染病曾大规模暴发过,极大地危害了人类的健康。例如,在第一次世界大战期间,非洲、亚洲等地的军队发生了疟疾大流行,特别是在非洲东部,因感染疟疾而丧生的人数超过 10 万。我国古代医书《黄帝内经》中已有关于疟疾的记载。该病有周期性规律发作的特点,患者全身发冷、发热、多汗,长期多次发作后,可引起患者贫血和脾肿大。

疟疾广泛流行于世界各地,是全球关注的重要公共卫生问题之一。随着科学技术的发展,特别是生物学的迅猛发展,疟疾的发病率和死亡率都大大降低了。据统计,2000 年全球疟疾发病 2.14 亿例,死亡 73.8 万人,到 2015 年发病率和死亡率分别下降 37%和 60%。这与世界卫生组织从 20 世纪 90 年代开始推荐以青蒿素为主的复合疗法密切相关。青蒿素是由我国科学家屠呦呦研究团队从植物黄花蒿(图 1)中提取出来的有效成分。2015 年屠呦呦因此获得诺贝尔生理学或医学奖。



图 1 黄花蒿

当前,心血管疾病、癌症等非传染病仍然对人类健康危害极大。在人类征服这些疾病的道路上,生物学还将发挥关键作用。

生物学包括许多分支学科,如细胞生物学、生物化学、分子生物学、植物学和动物学。这些学科取得的进步推动了生物学的迅猛发展。其中,细胞生物学和分子生物学作为两个重要的分支学科,在生物学的发展中发挥了重要作用。

其次,学习“分子与细胞”模块对提高我们的生物学学科核心素养具有不可或缺的作用。

“分子与细胞”模块是高中生物学必修课程的两个模块之一。“分子与细胞”必修模块的内容也是学习“遗传与进化”必修模块和“稳态与调节”“生物与环境”“生物技术与工程”三个选择性必修模块的基础。

本模块包括许多与分子生物学、细胞生物学有关的基础知识,也包括许多学习活动。通过这些知识的学习和活动的开展,我们的生物学学科核心素养会得到提升。例如,“科学探究”是生物学学科核心素养之一。科学探究是指能发现现实世界中的生物学问题,针对特定的生物学现象,进行观察、提问、实验设计、方案实施以及对结果的交流与讨论的能力。通过本模块中的许多“科学探究”活动,我们会逐步增强对自然现象的好奇心和求知欲,掌握科学探究的基本思路和方法,提高实践能力,并且在探究中,乐于和善于团队合作,勇于创新。

二、“分子与细胞”模块有哪些学习内容?

有关细胞生物学和分子生物学的内容可以用“海量”来形容。我们要学习其中的哪些内容呢?“分子与细胞”模块仅选取了细胞生物学和分子生物学方面的最基本的知识。例如,我们会学习有关细胞的分子组成,细胞结构及其功能,物质进出细胞,光合作用和细胞呼吸,细胞生长、增殖、分化、衰老和死亡的内容。这将有助于我们形成“细胞是生物体结构与生命活动的基本单位”“细胞的生存需要能量和营养物质,并通过分裂实现增殖”两个大概念(图2)。

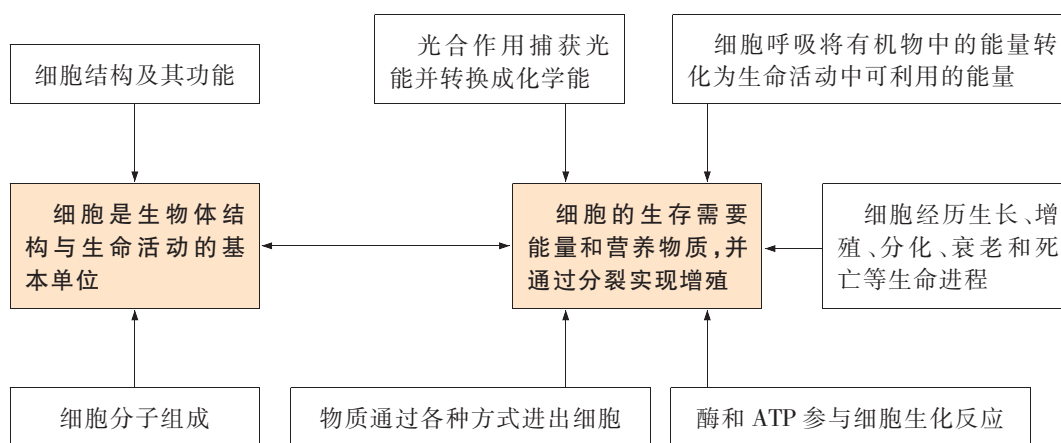


图2 “分子与细胞”模块主要学习内容

学习了这些内容,我们能运用相关概念阐述营养与人体健康的关系;能结合实例阐述光合作用与农业生产的关系;能将细胞呼吸的原理应用于日常生活中瓜果蔬菜的储存;能理解细胞增殖和分化与胎儿发育的关系,理解细胞衰老与人体衰老的关系等,并能参与解决和生物学有关的生活、生产问题。

三、如何学习“分子与细胞”模块的内容?

学习本模块的内容特别要注意以下两个方面。

首先,兴趣是最好的老师。

爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)说过:“兴趣是最好的老师。”一个人一旦对某种事物有了浓厚的兴趣,就会主动去求知、去探索、去实践。

德国科学家施佩曼(H. Spemann, 1869—1941)的实例能说明兴趣的重要性。他毕生从事两栖类胚胎早期发育方面的研究,这一研究属于细胞生物学范畴。例如,他对蝾螈的研究是源于儿童期常常玩蝾螈而产生的兴趣。他在蝾螈受精卵分裂为两个细胞时,用初生小儿的头发在两个细胞之间加以结扎,结果每个细胞都发育成一个完整的胚胎;如果在较晚时期如原肠胚期结

扎，分开的两半只能各自发育为半个胚胎。这意味着在胚胎的早期和晚期之间发生了某种变化，使胚胎各部分的“命运”确定下来。以后，他又通过异位移植实验，发现在原肠形成之前，如果外胚层的任何部分与中胚层接触，都能发育为神经组织；如果将原来要发育为神经组织的外胚层移到不与中胚层接触的部位，外胚层便不能发育为神经组织。这是首次接触到精确控制胚胎某一部分发育方向的机制问题。这一发现使他获得了 1935 年诺贝尔生理学或医学奖。

本模块以分子与细胞等微观层面的内容为主，理论性比较强，理解起来有一定的困难。这就更需要我们提高学习兴趣。尽管每个人都有不同的知识背景、生活经历和人生目标，但我们都热爱生命。这是学习生物学的兴趣基础，也是主动参与学习的驱动力。

其次，重视概念学习，着重提升生物学学科核心素养。

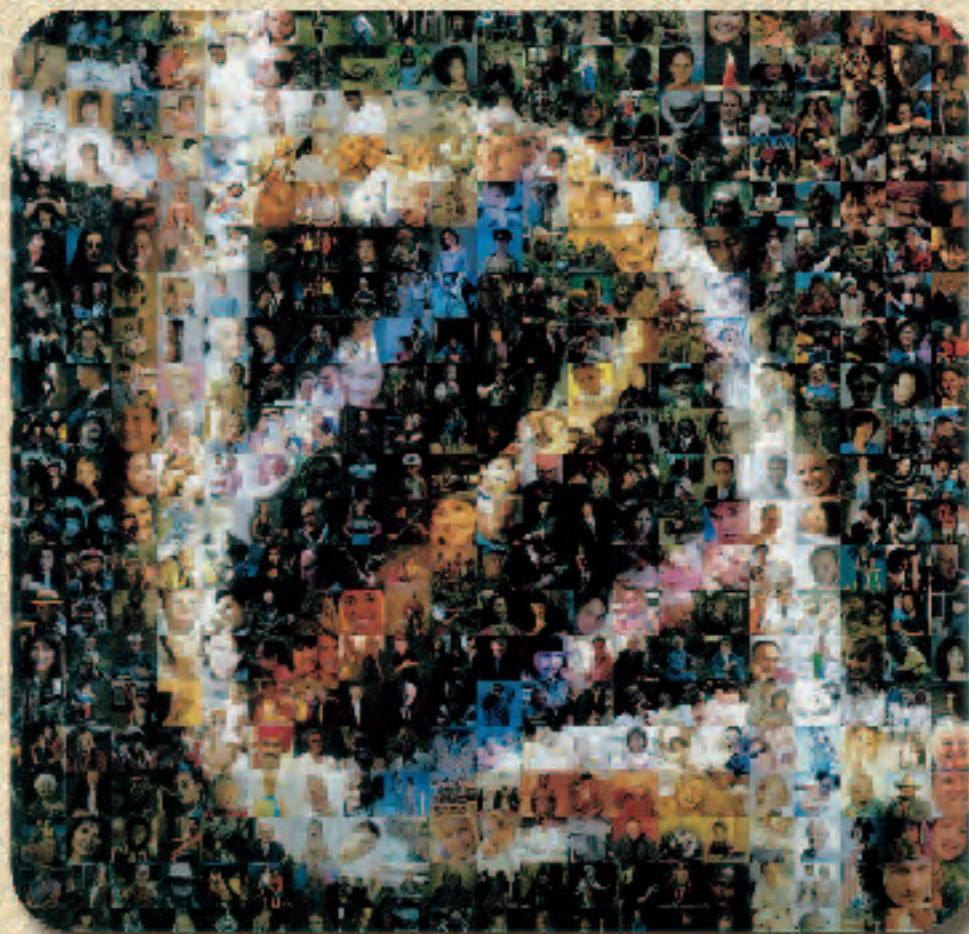
我们不能停留在记住一些零散生物学事实的层面上，而要通过实验实践活动、科学思维活动、科学探究活动，对事实进行抽象和概括，来主动建构概念和合理的知识框架，这样才能在新情境下解决相关问题。

要在学习生物学概念的同时，特别注意生物学学科核心素养的提升。例如，我们应该参与以探究为特点的主动学习过程，因为主动学习过程可以直接促进“科学思维”“科学探究”学科核心素养的提升，也能间接影响“生命观念”“社会责任”学科核心素养的达成。

本模块需要形成的生命观念包括结构与功能观、物质与能量观等，这些观念的形成建立在较好地理解“分子与细胞”模块中重要概念的基础上。

在学习本模块的过程中，我们不仅要领悟生物学家在研究过程中所持有的观点以及解决问题的思路和方法，还要像科学家一样，通过提出问题、获取信息、寻找证据、检验假设和发现规律等过程，习得生物学知识和观念，养成科学思维的习惯，形成积极的科学态度，发展终身学习的能力。






DNA 分子是人和其他许多生物细胞的组成物质

第一章

细胞的分子组成

随着人类基因组计划的完成，科学家可以更深入地解析人类细胞中 DNA 分子的奥秘了。而在此之前，科学家已对各种生物细胞中的蛋白质、糖类、脂质和无机物有了相当的了解，它们是细胞结构组成和功能发挥的物质基础。

环顾周围葱郁的树、青翠的草、畅游的鱼、飞翔的鸟，它们和人在细胞的分子组成上一样吗？组成这些分子的元素一样吗？这些物质在生物体中有什么生理功能？它们的存在与生物具有的生命特征有什么关系？



第一节 细胞中的元素和无机化合物

1869年,俄国科学家门捷列夫(D. M. leev, 1834—1907)首创了化学元素周期表,将当时已知的63种元素(element)依据相对原子质量大小,按照一定的顺序在表中排列。这张化学元素周期表揭示了物质世界的秘密。以后,新元素不断被发现,化学元素周期表里的元素也越来越丰富,这对化学和生物学的研究和发展都发挥了巨大的促进作用。那么,地球上的这些元素与我们的日常生活有什么关系?人体细胞里含有哪些元素呢?



积极思维

人体细胞里含有哪些元素呢?

事实:

1. 现已证明,地球上自然存在的元素有90多种。生活在地球上的各种生物,无论其结构简单还是复杂,组成物质无一例外地都来自这些元素。

2. 科学家测定了组成人体细胞的元素,其中一些元素的平均含量见表1-1-1。

表1-1-1 人体细胞的一些元素及其平均含量(占细胞鲜重的百分比)

元素	氧(O)	碳(C)	氢(H)	氮(N)	钙(Ca)	磷(P)	硫(S)	钾(K)	镁(Mg)
平均含量	65	18	10	3	1.5	1.4	0.3	0.2	0.1

此外,铁(Fe)、硒(Se)等其他元素在人体细胞内的含量都很少,大约总计为0.5%。

思考:

1. **列举** 根据上述事实 and 已有经验,我们能列举人体细胞中的元素(如O、C、H、N、Ca、P、S)可能参与了细胞中哪些物质的组成吗?

2. **推测** 在人体内含量很少的元素除Fe、Se外,还可能有哪些元素?能说出Fe和Se与人体健康的关系吗?

3. **归纳** 各种生物的组成元素都源于地球上自然存在的元素,其原因是什么?

人体细胞中有些元素含量较多,有些元素含量较少。含量较多的元素是不是比含量较少的元素在生命活动中发挥更重要的作用呢?

构成细胞的元素

不同的元素在地壳中和在生物细胞中所占的比例各不相同。地壳(包括大气)中含量最多的元素是O,约占全部元素的48.6%,其次是Si、Al、Fe。生物细胞中含量最多的元素也是O,约占细胞鲜重的65%,然后依次是C、H、N。组成生物体的任何一种元素都可以在无机自然界中找到。

生物体中常见的元素有20多种。其中,C、H、O、N、P、S、K、Ca、Mg、Na、Cl等元素在生物体内含量较多,称为大量元素(macroelement);Fe、Mn、Zn、Cu、B、Mo、Co、Se等元素含量很少,称为微量元素(microelement)。C、H、O、N、P、S等元素构成了细胞结构和功能所需的基本物质。不同生物体内所含的元素种类基本相同,但每种元素的含量存在一定的差异。

生物体会因环境中缺乏某种元素而发生该元素的缺乏症。例如,1935年,在我国黑龙江省克山县首先发现一种心功能不全病(地方性心肌病),并称之为克山病。研究发现,克山病不仅存在于克山县,许多低硒地区也都有发生。后来,一些科学家对此进行了深入研究,他们发现让低硒地区的居民口服亚硒酸钠,可以预防克山病的发生,这说明硒的缺少与克山病的发生有显著的相关性(表1-1-2)。

表1-1-2 1976~1983年期间一项“硒的缺少与克山病发生相关性”研究的数据

组别	观察人数	发病人数	发病率(‰)
实验组(补Se)	88 373	11	0.12
对照组(不补Se)	54 550	237	4.34

水和无机盐是细胞中的无机化合物

组成细胞的各种元素大多以化合物(compound)的形式存在。化合物分为无机化合物和有机化合物。科学家测得某种植物细胞中的主要化合物及其质量分数,见表1-1-3。

表1-1-3 某种植物细胞中的主要化合物及其质量分数

类别	化合物	质量分数(%)
无机化合物	水	85.0~90.0
	无机盐	1.0~1.5
有机化合物	蛋白质	7.0~10.0
	脂质	1.0~2.0
	糖类和核酸	1.0~1.5

水赋予细胞许多特性

水是生命之源。在活细胞中,水是含量最多的物质,约占细

胞重量的 2/3。水分子由两个氢原子和一个氧原子以共价键(由实线表示)结合组成。在相邻的水分子之间,一个水分子中带部分负电荷(用 δ^- 表示)的氧原子与另一个水分子中带部分正电荷(用 δ^+ 表示)的氢原子以静电引力相互吸引形成一种分子间相互联结的作用力。在化学上,这种作用力被称为氢键(hydrogen bond)(图 1-1-1)。氢键(由虚线表示)也可以使水分子与其他含有电负性原子(如氮原子)的分子结合。氢键虽然是水分子间的较弱的吸引力,却使水分子具有许多特殊的理化性质。例如,水分子的空间结构与电荷的不对称分布,使得水分子具有极性,这让几乎所有带电荷的或具有极性基团的分子都能溶解在水中;同时,氢键使水分子间的作用力大大增强,水的熔点和沸点也因此而增高。

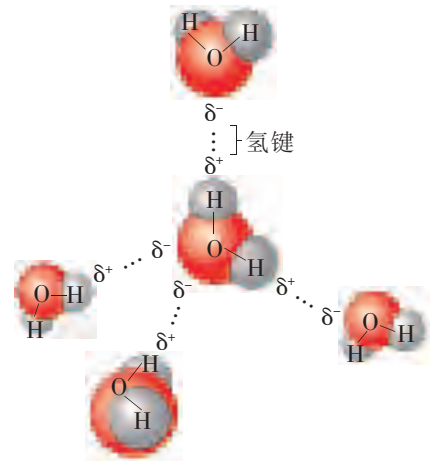


图 1-1-1 水分子之间形成氢键

细胞中的水分子以自由水 (free water) 和结合水 (bound water) 两种形式存在。

自由水以游离的形式存在,参与细胞中各种代谢活动。自由水是良好的溶剂,细胞生命活动所需的许多离子、分子都可以溶解其中;自由水可以自由流动,溶解在水中的各种物质随着水的流动到达生物体各处,被细胞吸收和利用,细胞代谢产生的废物一般也借助于水排出体外;细胞中几乎所有的生化反应都是以自由水为介质进行的,有些水还直接作为反应物参与生化反应。正因为自由水的特殊作用,在代谢旺盛的细胞中,自由水的含量一般比较高。

结合水是被细胞内其他物质(如蛋白质)束缚而不易自由流动的水,是组成细胞的重要成分。休眠的种子、越冬的植物、生活在干旱或盐渍条件下的植物,其细胞内结合水的含量相对较多,抵抗不良环境的能力也较强。

总之,细胞中的水对于维持细胞的形态、保证细胞代谢的正常进行具有重要作用。可以说,没有水就没有生命。

细胞中的无机盐与生命活动关系密切

细胞中的无机盐约占细胞重量的 1%, 常以离子形式存在。细胞中的无机盐含量虽少,但具有重要的生理功能,与生命活动关系密切。无机盐在维持细胞正常的代谢活动、细胞的渗透压和生物体液的酸碱平衡等方面都具有非常重要的作用(表 1-1-4)。

表 1-1-4 细胞中的无机盐作用举例

作用	举例
维持细胞的渗透压和生物体液的酸碱平衡	细胞中的磷酸氢二钾、磷酸二氢钾等参与维持生物体液的酸碱平衡
参与物质组成,维持细胞正常的代谢活动	合成血红蛋白需要铁,合成甲状腺激素需要碘,合成叶绿素需要镁

当某些无机盐含量过多或过少时,生物体可能会出现相应的病症。例如,哺乳动物缺少钙时,会出现肌肉抽搐现象,而钙过多时,又会出现肌肉乏力现象;番茄果实出现脐腐现象(脐腐病)与缺少钙有关;番茄植株的老叶尖端和边缘出现失绿甚至干枯坏死的现象,与缺少钾有关。

知识链接

作物正常生长需要各种营养元素

当某些元素缺乏或过剩时,作物会在形态上表现出明显的症状。传统农业就是针对这些症状,判断作物中哪些元素可能过剩或缺乏(下图),进而针对性地施用肥料。

氮是作物中蛋白质、核酸和叶绿素等物质不可缺少的组成成分。当作物缺氮时,植株不仅生长矮小、瘦弱,叶色淡绿,还表现为花少,果实少而小。当氮元素过剩时,植株营养生长过旺、叶色浓绿、果实迟熟。

磷是作物细胞的重要组成成分,对作物体内的物质合成、转化与转移都起着重要作用。缺磷时,作物除生长矮小、瘦弱外,还表现为叶色暗绿、缺乏光泽,开花结果少。磷过剩时,作物叶片大小正常,但呈现失绿黄化现象。

作物缺钾时,叶色呈暗绿色或紫蓝色,老叶尖端和边缘逐步失绿,发黄焦枯。

镁是叶绿素的重要组成成分。作物缺镁时,叶脉之间会变黄,但叶脉周围仍呈现清晰的绿色。



氮过剩时叶片的症状



磷过剩时叶片的症状



钾缺乏时叶片的症状



镁缺乏时叶片的症状

某些元素过剩或缺乏时黄瓜叶片的症状



为什么在饲料生产中要添加某些无机盐?

当植物缺乏某种元素时,植物会表现出该种元素缺乏症,甚至死亡。传统农业根据植物的元素缺乏症,往往会有针对性地向农田投入化肥,但对投入化肥的种类和数量做不到精细化管理,可能造成一些营养元素的过剩。过剩的元素也会对农田土壤环境造成污染。如何解决这类环境问题?精准农业也许会成为未来农业的发展方向。

精准农业能根据农田的土壤元素状况和作物的元素缺乏状况,实施定位、定量的精准施肥,高效地利用各类农业资源,并取得较好的经济效益和环境效益。

本节练习

一、思辨题

1. 有人分别取兔和牛的一小块组织,并测定了两种组织细胞的元素组成,发现兔和牛组织细胞的化学元素组成很相似,其中含量最多的四种元素应该是 ()

- A. C、H、O、N B. C、O、P、S C. C、H、P、K D. C、O、P、Na

2. 水的功能与水的存在形式有关。下列与自由水或结合水的功能描述不匹配的是 ()

- A. 自由水参与细胞代谢 B. 自由水运输养料和代谢废物
C. 结合水是细胞的结构成分 D. 结合水是多种离子良好的溶剂

3. 如果一个人经常发生肌肉抽搐(俗称抽筋),那么,其体内可能缺乏的物质是什么? 这种物质过多时,人体又会出现怎样的症状?

二、应用题

1. 无机化合物如水和无机盐是生物细胞中的重要组成物质,虽然它们的含量各有差异,但细胞和生物体的生命活动却离不开它们。有人总结了植物体所处的土壤环境和大气环境中的元素组成情况,并绘制了下图。



土壤环境和大气环境中的元素组成情况示意图

(1) 写出土壤中几种微量元素的名称,并填写在图中的空白圆圈内。

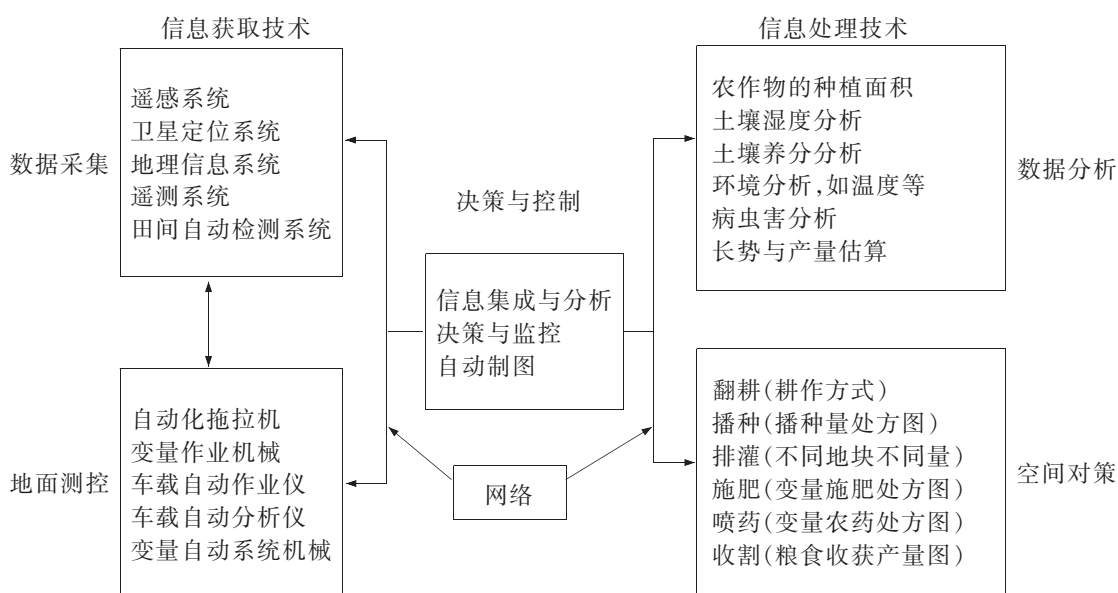
(2) 联系化学课程中所学的知识,说出图中各种元素参与组成哪些无机化合物。列举 Na^+ 、 K^+ 、 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 在植物生命活动中的作用。

2. 当科技人员将紫花苜蓿、玉米、豌豆和大豆等农作物的种子播种到某高原的土壤里时,只有紫花苜蓿和大豆能度过严冬而存活下来。尝试分析其原因。如果有困难,可以通过互联网搜集相关信息。

3. 幼叶细胞中自由水与结合水的比值比老叶的大,请思考,这有什么意义? 举例说明水在参与体内各种生化反应,以及营养物质和代谢产物的运输等方面的作用。

精准农业与信息技术

精准农业的技术原理是在对耕地和作物长势进行定量的实时诊断并充分了解大田生产力的基础上,以平衡地力、提高产量为目标,实施定位、定量的精准田间管理。实施精准农业不但可以最大限度地提高农业生产力,还能实现优质、高产、低耗和环保的农业可持续发展的目标。精准农业由多个系统组成。我国信息技术的迅猛发展为精准农业提供了有力支撑。



精准农业信息技术集成示意图

我国某些地区针对小麦、玉米、水稻、棉花、大豆和草地等农情的遥感监测系统已经初步建成。精准农业不仅要观测农作物生长的各种环境信息,还要考虑影响农作物生长的潜在生物学信息,如杂草、作物营养、病虫害信息。所以,实施精准农业的农业科技工作者不仅需要拥有相关的生物学知识,还需要掌握信息技术及具备一定的科学探究能力。

走近职业



食品质检员在农贸市场用快速检测箱对蔬菜进行抽样检测

食品质检员

食品质检员依据物理学、化学和生物化学的一些基本理论和各种技术,按照国际或国家食品卫生及安全的标准,对食品原料、辅助材料等的质量进行检验,以确保产品质量合格。食品检验包括对食品中营养成分、微量元素、添加剂以及有害物质、农药残留等的检测。

许多具有食品相关专业大专或本科以上学历的人在从事食品质检员的工作。



如果想要更多地了解本职业的相关情况,可访问我国关于职业介绍的网站。

第二节 细胞中的糖类和脂质

环顾家里的厨房,我们会发现米、面、蔗糖、食用油、醋、味精等物品,它们大都含有机化合物。科学家早就发现,有机化合物是构成细胞的主要物质,活细胞内有机化合物的含量仅次于水。细胞中有机化合物的种类也很多,如糖类(carbohydrate)、脂质(lipid)、蛋白质(protein)。除了一氧化碳、二氧化碳和碳酸盐外,几乎所有含碳化合物都是有机化合物。所以,有人认为碳是有机化合物的核心元素。我们认同这种观点吗?



积极思维

碳是组成有机化合物的核心元素吗?

事实:

1. 一个碳原子含有六个质子、六个中子和六个电子(图1-2-1)。碳原子外层的四个电子可与其他原子(如氢、氧、氮、硫原子)结合,即通过与其他原子共用电子对,形成共价键。

2. 一个碳原子与一个氢原子通过共用两个电子形成共价键,其中一个电子由碳原子提供,另一个由氢原子提供。碳原子外层的另外三个电子也可以与其他原子形成共价键。

3. 碳原子之间也可以共用电子对,形成 C—C 键或 C=C 键等。由于碳原子之间共用电子对,多个碳原子之间会形成长长的碳链或环状结构。

思考:

1. **概述** 日常生活中,我们接触到哪些有机化合物?

2. **解释** 碳的哪些结构特点使它成为有机化合物的核心元素?

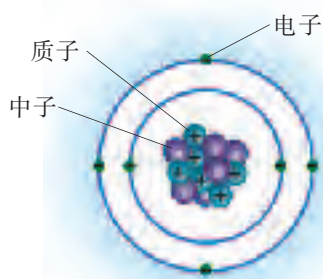


图 1-2-1 碳原子结构示意图

我们一般是从一日三餐认识食物中的有机化合物的。米面一般富含淀粉(starch),肉类一般含有糖原(glycogen)、蛋白质、脂肪(fat),果蔬一般富含维生素、纤维素(cellulose),各种食物中也含有一定量的核酸(nucleic acid)。其中,多糖(polysaccharide)、蛋白质和核酸又被称为生物大分子。它们的结构特点是什么呢?

碳链是形成生物大分子的骨架

一般来说,生物体内合成的相对分子质量超过 10 000 的有机化合物被称为生物大分子。多糖、蛋白质和核酸是生物大分子,它们都是由许多基本组成单位(单体)连接而成的。构成这些单体的碳原子之间是通过单键或双键相连接的,形成了不同长度的分支状、链状或环状结构,这些结构被称为有机化合物的碳骨架(carbon skeleton)(图 1-2-2)。

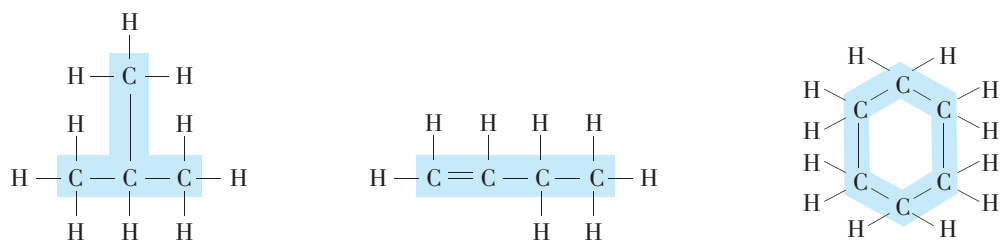


图 1-2-2 几种碳骨架示意图

碳骨架结构的排列和长短决定了有机物的基本性质。例如,直链淀粉是以葡萄糖(glucose)分子为单位通过化学键相互连接而成的。具体地说,葡萄糖分子有六个碳原子,第一个葡萄糖的第一碳原子和第二个葡萄糖的第四碳原子通过化学键相连;第二个葡萄糖的第一碳原子又和第三个葡萄糖的第四碳原子通过化学键相连……最后形成的淀粉分子就是由葡萄糖分子通过碳骨架构成的大分子有机化合物(图 1-2-3)。

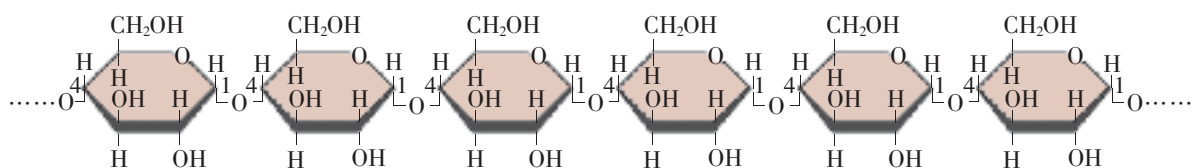


图 1-2-3 葡萄糖分子通过碳骨架构成的淀粉分子结构式(部分)

糖类是细胞的重要结构成分和主要能源物质

糖类是自然界最丰富的有机物,你有没有思考过:“糖有多少种?”“不同的糖对生物体的生命活动各有什么作用?”

糖类一般由 C、H、O 三种元素组成。根据结构的不同,可以将糖类分为单糖、二糖和多糖等三大类型。

单糖

生物体内的单糖有许多种。例如,核糖和脱氧核糖是含有五个碳原子的单糖,称为五碳糖,它们是组成核苷酸的基本单位;葡萄糖(图 1-2-4)、果糖和半乳糖是含有六个碳原子的单糖,称为六碳糖,它们可以组成其他糖类。

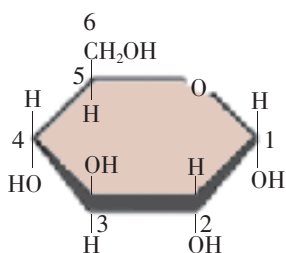


图 1-2-4 葡萄糖分子结构式

二糖

麦芽糖、蔗糖、乳糖等是常见的二糖。一分子麦芽糖水解产生两分子葡萄糖；一分子蔗糖水解产生一分子葡萄糖和一分子果糖；一分子乳糖水解产生一分子葡萄糖和一分子半乳糖。可见，二糖是由两分子单糖缩合而成的(图 1-2-5)。

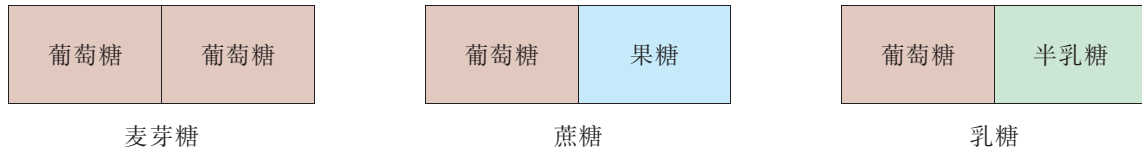


图 1-2-5 麦芽糖、蔗糖和乳糖的组成示意图

多糖

植物细胞中的多糖主要是淀粉和纤维素，动物细胞中的多糖主要是糖原(图 1-2-6)。

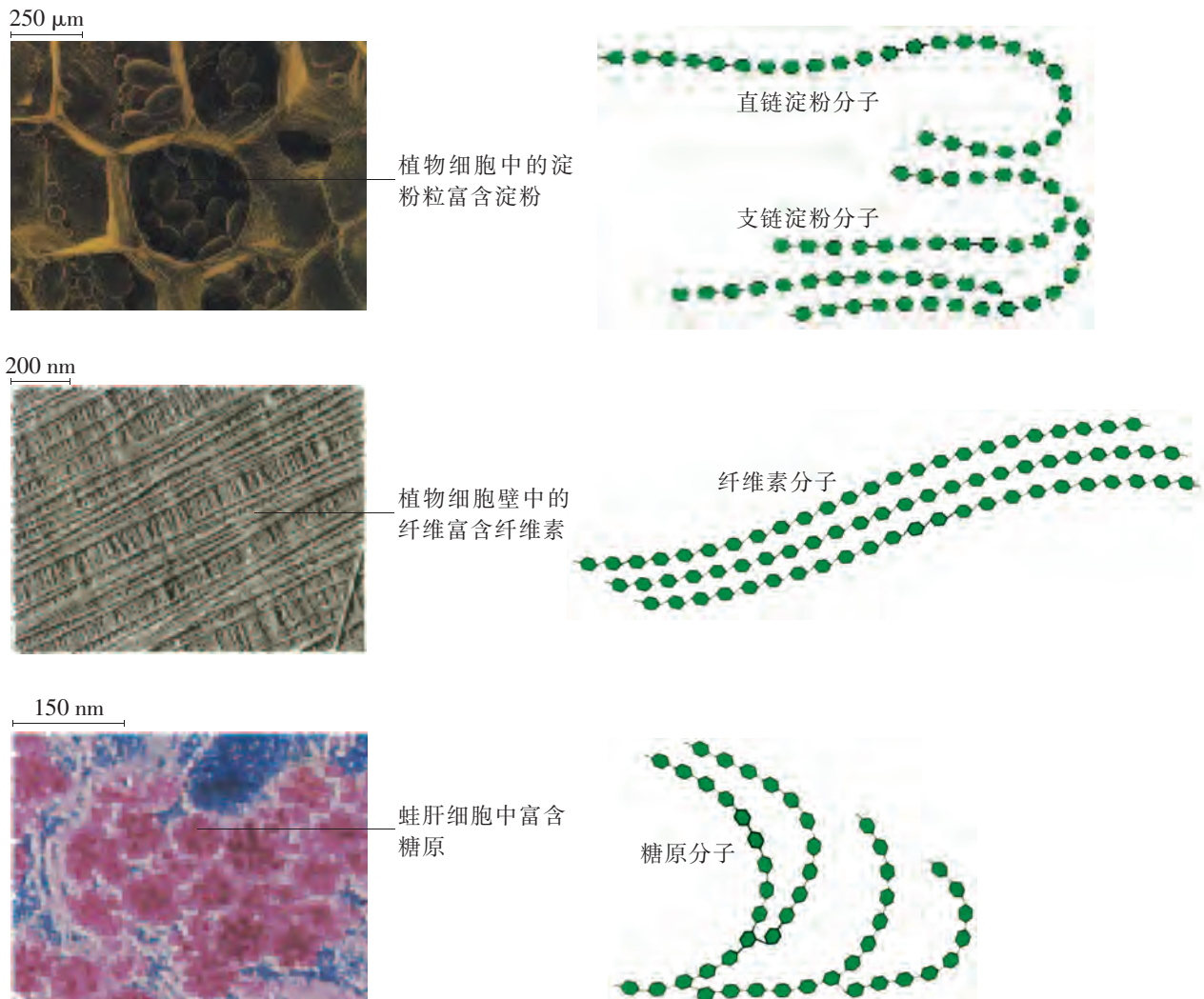


图 1-2-6 淀粉、纤维素和糖原分子结构(部分)示意图



肝糖原和肌糖原是分布在
不同器官中的糖原。它们在动
物生命活动中的作用相同吗？



“牛吃的是草，产的是奶”，
说明牛能分解利用植物中的纤
维素。为什么人不能消化利用
纤维素呢？

在初中生物学的学习中，我们已经知道植物体内的淀粉是由 CO_2 和 H_2O 经光合作用而形成的，水稻、小麦和玉米的种子，以及马铃薯的块茎和甘薯的块根中，都含有较多的淀粉。

动物的肝细胞中含有肝糖原，肌细胞中则含有肌糖原。糖原的分子结构与支链淀粉相似，它们都是由葡萄糖分子相互连接组成的糖链，其中有的葡萄糖分子之间通过连接产生支链。与支链淀粉中的支链相比，糖原分子中支链的分支点更加密集，且在平均长度上通常要短一些。

纤维素也是由葡萄糖分子相连组成的多糖分子。纤维素可水解产生纤维二糖，它是由两分子葡萄糖组成的。

糖类在生物体内有什么作用呢？纤维素是植物细胞壁的主要成分，细胞壁对植物细胞有支持和保护作用；一切生物的生命活动都需要消耗能量，淀粉是许多植物体内重要的能源物质，在种子萌发或生长发育时，植物细胞能将淀粉分解为小分子的糖类物质；动物体内的糖原也是重要的能源物质。纤维素、淀粉和糖原的最终水解产物都是葡萄糖。葡萄糖不仅是构成二糖和多糖的主要单体，还是细胞中能量代谢的关键单糖。

糖类既是细胞的重要结构成分，又是生物体维持生命活动的主要能源物质。糖类还能与蛋白质结合成糖蛋白，与脂质结合成糖脂，糖蛋白和糖脂在细胞免疫、细胞识别、信息传递等生命活动中发挥重要作用。

如何鉴别种类繁多、结构复杂的糖类呢？除了常用稀碘液鉴定淀粉外，在实验中常用斐林试剂来检测某种生物组织或器官中是否含有还原糖(reducing sugar)。

根据糖类是否具有还原性，可将糖类分为还原糖和非还原糖(non-reducing sugar)。单糖和麦芽糖、乳糖等二糖是还原糖，它们与斐林试剂会发生反应，产生砖红色沉淀(Cu_2O)。例如，苹果或梨的果实匀浆中含有葡萄糖和果糖，加入新配制的斐林试剂，混合均匀后水浴加热，浅蓝色(斐林试剂颜色)溶液会逐渐生成砖红色沉淀(图 1-2-7)。

淀粉、蔗糖等是非还原糖，它们与斐林试剂不会产生砖红色沉淀。

在淀粉酶的作用下，淀粉可以水解成麦芽糖，所以，淀粉的水解产物应该能与斐林试剂发生反应，产生砖红色沉淀。事实果真如此吗？我们不妨通过实验进行验证。



反应前 反应后
图 1-2-7 斐林试剂鉴定还原糖的颜色变化



检测生物组织中的糖类

糖类是生物组织中分布广泛、含量较多的物质。在许多植物组织中,糖类的含量可以高达干重的 80%。在生物体的生命活动中,结构不同的糖类具有不同的功能,参与不同的代谢过程。因此,在对糖类的研究中,检测生物组织中的糖类非常重要。

实验目的

1. 学会使用稀碘液、斐林试剂鉴定生物组织中的淀粉和还原糖。
2. 学会设计实验,并选择适当的化学试剂鉴定生物组织中不同种类的糖类。
3. 观察实验过程中不同种类的糖在化学反应中产生的颜色变化、沉淀情况,分析实验结果。

实验原理

1. 在淀粉溶液中加入稀碘液,碘分子与淀粉结合产生变色反应,溶液变成蓝色。唾液中含有唾液淀粉酶,在淀粉酶的作用下,淀粉水解产生麦芽糖。麦芽糖是一种还原糖。
2. 葡萄糖、麦芽糖等可溶性还原糖与斐林试剂反应,会产生砖红色沉淀。淀粉和蔗糖等非还原糖与斐林试剂则不发生砖红色沉淀反应。
3. 斐林试剂可由质量浓度为 0.1 g/mL 的 NaOH 溶液和质量浓度为 0.05 g/mL 的 CuSO_4 溶液按 1:1 的比例混合配制而成。

实验器材和试剂

大烧杯、小烧杯、试管、滴管、量筒、水浴锅(或酒精灯、铁架台、石棉网、火柴);淀粉、蔗糖、葡萄糖、淀粉酶、清水、稀碘液、质量浓度为 0.1 g/mL 的 NaOH 溶液、质量浓度为 0.05 g/mL 的 CuSO_4 溶液等。

实验步骤

实验一 鉴定淀粉

1. 取三支洁净的试管,用记号笔在试管上部编号(如 A、B、C)备用。
2. 用天平称取葡萄糖、蔗糖和淀粉各 1 g,分别放入盛有 20 mL 清水的烧杯中,溶解备用。

建议:市场上的食用冰糖是比较纯的蔗糖,天然蜂蜜中的葡萄糖含量超过 30%,面粉中含有较多淀粉。

3. 用量筒量取葡萄糖溶液、蔗糖溶液和淀粉溶液各 3 mL,分别加入上述编号为 A、B、C 的三支试管。
4. 向上述三支试管中分别滴入等量的稀碘液,观察溶液颜色的变化情况,并记录在表 1-2-1 中。

表 1-2-1 实验记录表

类别	A 管	B 管	C 管
糖溶液/mL			
稀碘液/滴			
颜色变化			

实验二 鉴定还原糖

1. 取四支洁净的试管,编号(如1号、2号、3号、4号)备用。
2. 用量筒量取实验一中制备的葡萄糖溶液、蔗糖溶液和淀粉溶液各3 mL,分别加入其中的1号、2号、3号试管中,再各滴加1 mL清水。
3. 向4号试管中加入淀粉溶液3 mL,再滴入1 mL稀释的唾液。
建议:唾液中含有唾液淀粉酶,酶发挥作用需要适宜的温度。
4. 静置5 min后,向四支试管中各加入2 mL斐林试剂,在50~65℃条件下隔水加热2 min,观察溶液颜色变化、是否产生沉淀等情况,并记录在表1-2-2中。



安全使用酒精灯等实验器具!

表1-2-2 实验记录表

类别	1号管	2号管	3号管	4号管
糖溶液/mL				
清水/mL				
稀释的唾液/mL				
斐林试剂/mL				
颜色变化				

结果与分析

葡萄糖和淀粉的水解产物能与斐林试剂反应产生砖红色沉淀;蔗糖分子既不与稀碘液发生反应,也不与斐林试剂发生反应。

技能指导

实验室基本的安全规则

在实验室做实验是令人兴奋的经历,如果不遵守基本的安全规则,就可能发生危险。

1. 进入实验室前,应穿实验服,戴护目镜和手套。
2. 进入实验室后,禁止吃食物、喝水;对不熟悉的仪器设备,未经允许不要随意触摸和启动。
3. 开始实验后,先仔细阅读实验步骤,严格按照实验步骤操作;保持实验室整洁,所有的药品应远离火焰;禁止把化学试剂随意混合起来,因为这样很可能引起燃烧或爆炸;不能随意加热化学试剂,因为某些化学试剂在低温时无害,但在加热时就很危险;禁止加热密闭的容器,因为里面的气体膨胀可能使容器爆炸;禁止加热外部尚未完全干燥的玻璃器具;安全使用锋利的金属器具或尖锐的玻璃器具。
4. 实验过程中,要学会处理一些可能发生的事故。例如,当酸性试剂溅到眼内或皮肤上时,应及时用大量清水冲洗;发生火灾等事故,应按要求及时报警和报告老师。
5. 实验结束时,应对玻璃器皿进行清洗;按要求处理所有的化学试剂,不能把它们随意倒入水池中;按要求处理实验动物,并彻底清洗与动物接触过的笼子、器具等。
6. 在离开实验室前,要认真洗手,并关闭水电、门窗。

脂质在维持细胞结构和功能中的作用

脂质是生物体的重要组成成分,对维持细胞结构和功能有重要作用。脂质主要由 C、H、O 三种元素组成。脂质一般不溶于水。脂肪、磷脂(phospholipid)和固醇类(steroids)都属于脂质。

一提起脂肪,我们一定会想起从菜场或超市买回来的含有较多脂肪的肉(图 1-2-8)。其实,植物的一些器官里也可能含有较多脂肪。例如,从超市买来的花生油、大豆油是从花生种子、大豆种子中提取出来的,可见,花生种子和大豆种子都含有大量的脂肪。那么,是不是植物各种器官的细胞里都含有脂肪呢?我们可以通过实验加以验证。



图 1-2-8 肉中含有较多脂肪



走进实验室

探究植物细胞是否含有脂肪

肥肉中含有脂肪,那么,洋葱和核桃的细胞中含有脂肪吗?

实验目的

尝试检测植物细胞中的脂肪。

实验器材和试剂

洋葱鳞片叶、核桃种子(核桃仁)等;载玻片、盖玻片、滴管、滴瓶、培养皿、刀片、镊子、光学显微镜;物质的量浓度为 1 mol/L 的盐酸,苏丹Ⅲ,体积分数分别为 50%、70% 的乙醇溶液。

实验指导

1. 植物体没有专门的脂肪组织,但植物细胞一般都含有脂肪。例如,洋葱鳞片叶内表皮细胞含有较少的脂肪,核桃种子的子叶细胞含有大量的脂肪(图 1-2-9)。

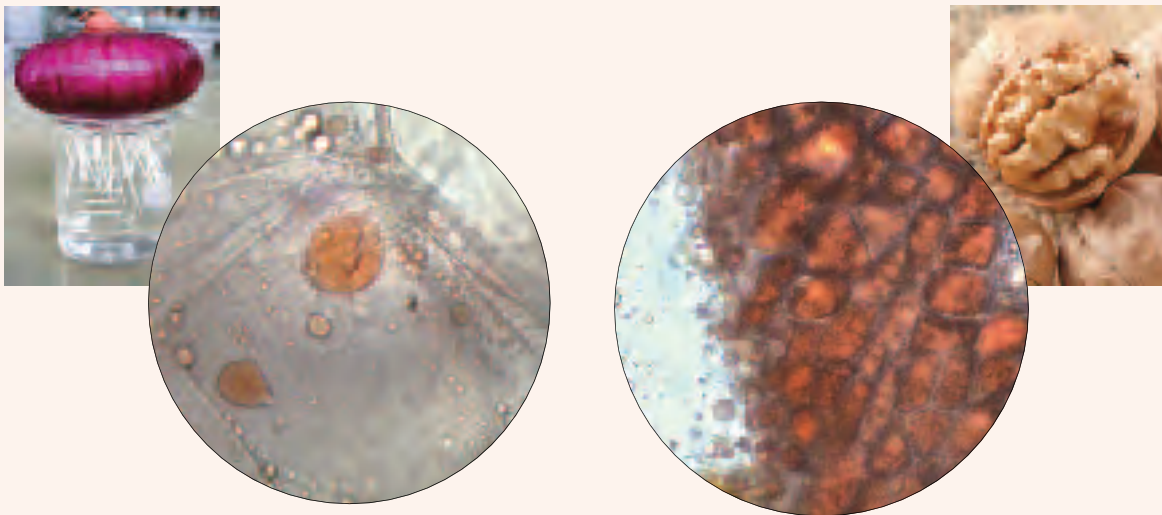


图 1-2-9 洋葱鳞片叶内表皮细胞(左)和核桃种子的子叶细胞(右)(400×)

2. 问题与假设:植物体各部位的细胞中是否都含有脂肪? 根据问题,作出假设。

3. 设计与实验:四人一组,根据假设,选择材料,制作临时玻片标本并观察。

建议:

(1) 苏丹Ⅲ染色液(0.2 g 苏丹Ⅲ加入 50 mL 体积分数为 70%的乙醇溶液中)可将脂肪染成橘黄色。

(2) 如果被染色的玻片标本上有苏丹Ⅲ染色液的浮色,可用体积分数为 50%的乙醇溶液洗去。

(3) 在光学显微镜下能够观察到被染色的脂肪颗粒。

4. 合作与交流:小组成员之间相互介绍玻片标本的制作经验及观察结果。

结果与分析

根据观察现象,得出结论。反思实验过程与结论的合理性。

脂肪是细胞内重要的储能物质。脂肪或多或少地存在于几乎所有的动物细胞和植物细胞中。脂肪分子(图 1-2-10)的水解产物是甘油和脂肪酸。

磷脂分子(图 1-2-11)是构成细胞质膜(plasma membrane)的重要物质。人和动物的脑、肝脏以及大豆种子中,含有丰富的磷脂。

固醇类分子(图 1-2-12)包括胆固醇、性激素和维生素 D 等。胆固醇是合成其他固醇类物质的原料,也是构成动物细胞质膜的成分之一;性激素能促进人和动物生殖器官的发育及生殖细胞的形成;维生素 D 能促进人和动物对钙和磷的吸收。

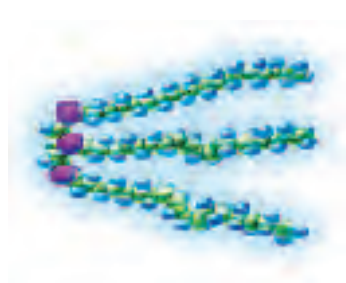


图 1-2-10 脂肪分子模式图

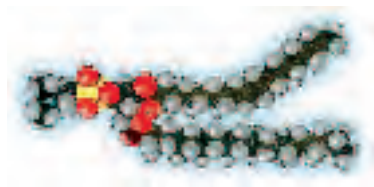


图 1-2-11 磷脂分子模式图



图 1-2-12 固醇类分子模式图

蜡也是一类脂质,比脂肪的疏水性更强。它们通常分布于生物体的表面,具有保护作用。例如,许多果实(如苹果和梨)的表面有一层蜡,以避免水分的散失。

本节练习

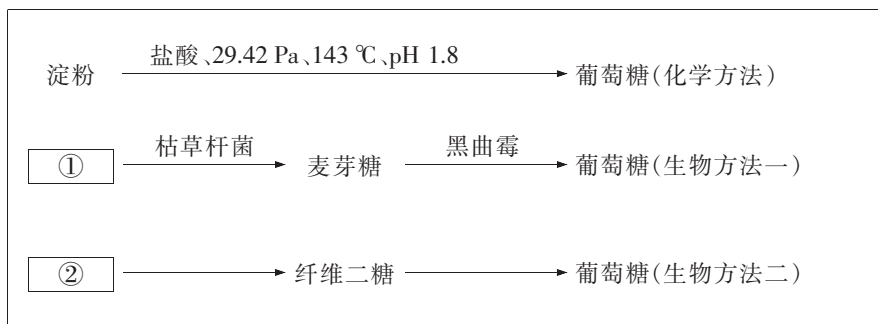
一、思辨题

1. 对人体细胞而言,下列各种物质中不能被用作能源物质的是 ()
A. 纤维素 B. 糖原 C. 脂肪 D. 乳糖
2. 固醇类物质是细胞中一类重要的代谢调节物质。下列物质中不属于固醇类的是 ()
A. 维生素 D B. 性激素 C. 胆固醇 D. 磷脂
3. 现在很多人比较注重身体健康,会通过各种方式进行减肥。有的人认为在减肥时要少吃含糖的和含脂肪的食物。我们认同这样的观点吗?为什么?

二、应用题

1. 水稻、小麦、玉米的种子中含有大量的淀粉,马铃薯的块茎、莲的根状茎、甘薯的块根中也含有大量的淀粉,还有许多野生植物体内也存在着淀粉。

下图为生产和生活中常用的将植物体内的大分子糖转化为葡萄糖的化学方法和生物方法。



大分子糖转化为葡萄糖的两种方法

(1) 上图中①和②代表的有机大分子分别是什么? 自古以来,我国劳动人民就充分利用了生物方法制取所需的产品,例如,有润肺止咳等功效的麦芽糖浆,是利用小麦、大麦等粮食糖化而成的产品。制造麦芽糖浆的过程与上图中的哪一过程相似?

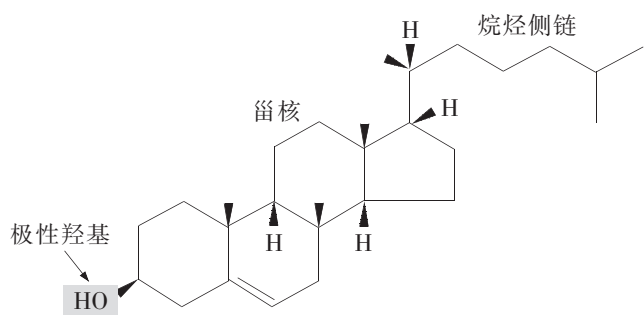
(2) 在制纸时,传统的方法是先将收获的树皮浸泡在池塘中一段时间,然后取出再加工。用于加工的树皮的主要成分是什么? 若用此材料生产葡萄糖,我们会选择上图中的哪种方法? 为什么?

(3) 比较上图中制取葡萄糖的几种方法的不同点,我们认同“糖类既是细胞的重要结构物质,也是生命活动的主要能源物质”的说法吗? 为什么?

2. 选育甘薯优良品种时,需要测定甘薯的糖含量。采用斐林试剂能鉴定甘薯所含糖的种类吗? 采用苏丹Ⅲ染色液能检测甘薯中的脂肪吗? 分别说明理由。

胆固醇的研究历程

对胆固醇的研究应追溯到维兰德 (H. Wieland, 1877—1957, 1927 年诺贝尔化学奖得主) 和温道斯 (A. Windaus, 1876—1959, 1928 年诺贝尔化学奖得主) 的有关工作, 前者仔细研究了胆酸及其有关物质的结构, 后者研究了胆固醇的结构及其与维生素的关系。



胆固醇的化学结构

胆固醇又称胆甾醇, 是一种环戊烷多氢菲的衍生物(左图)。早在 18 世纪, 人们已从胆石中发现了胆固醇, 1816 年化学家才将这种物质命名为胆固醇。胆固醇广泛存在于动物体内, 尤以脑及神经组织中最为丰富, 在肾、脾、皮肤、肝和胆汁中含量也很高。胆固醇微溶于水, 易溶于乙醚、氯仿等溶剂。胆固醇是机体内主要的固醇类物质, 是细胞质膜的重要组成部分, 也是类固醇激素、维生素 D 和胆汁

酸的前体。胆固醇虽然是人体重要的组成成分, 但胆固醇水平过高, 也是动脉硬化的主要原因之一。

1964 年诺贝尔生理学或医学奖授予布洛赫 (K. Bloch, 1912—2000) 和吕南 (F. Lynen, 1911—1979), 表彰他们利用氢和碳的稳定性同位素及其他放射性同位素在活的生物体内作为示踪物, 发现胆固醇和脂肪酸的合成机制。这一机制的发现使人们能够详细了解到, 人体内的胆固醇和脂肪酸是如何由一系列化学反应合成并进行代谢的。

从胆固醇的研究历程可以看出, 科学研究的基本任务是探索、认识未知。在众多科学家的研究下, 人们对胆固醇的认识越来越深入。

走近职业



生物化学实验员正在对实验结果进行分析

生物化学实验员

高校的生物化学实验员主要配合生物化学理论课程开展实验教学。医院或其他研究单位的生物化学实验员, 常常需要参与相关研究的实验过程。实验员需要掌握生物化学实验的理论知识、操作技能及实验技术, 熟知生物化学实验所用的基本仪器设备, 及各种生物大分子的定量测定与定性分析方法, 同时具有实事求是的科学态度和严谨的工作作风。

许多具有生物学、医学、临床检验等相关专业本科及以上学历的人在从事生物化学实验员的工作。



如果想要更多地了解本职业的相关情况, 可访问我国关于职业介绍的网站。

第三节 细胞中的蛋白质和核酸

蛋白质是绝大多数细胞中含量最多的有机化合物,除含有 C、H、O、N 外,大多数蛋白质还含有 S。细胞中许多重要的结构和功能物质、绝大多数的酶和部分激素都是蛋白质。食物中或多或少都含有蛋白质,而在肉类、蛋类、奶类及豆类中含量尤为丰富。那么,细胞中的这些蛋白质分子是怎样组成的呢?



积极思维

细胞中的蛋白质分子是怎样组成的呢?

事实:

1. 人胰岛素分子由两条链组成,相对分子质量为 5 807.69(图 1-3-1)。

2. 1955 年,英国科学家桑格(F. Sanger, 1918—2013)测定了牛胰岛素的氨基酸序列,证明了蛋白质具有一定的结构。这开辟了人类认识蛋白质分子化学结构的新途径。桑格因此而获得 1958 年诺贝尔化学奖。

3. 1965 年,中国科学家首先采用化学方法人工合成了有生物活性的结晶牛胰岛素。这是世界上首次人工合成蛋白质,在生命科学史上具有划时代的意义。

思考:

1. **概括** 与大多数蛋白质分子相比,人胰岛素是一种相对分子质量较小的蛋白质分子。数一数,人胰岛素分子由多少个氨基酸分子组成?

2. **推测** 蛋白质分子的基本组成单位是什么?

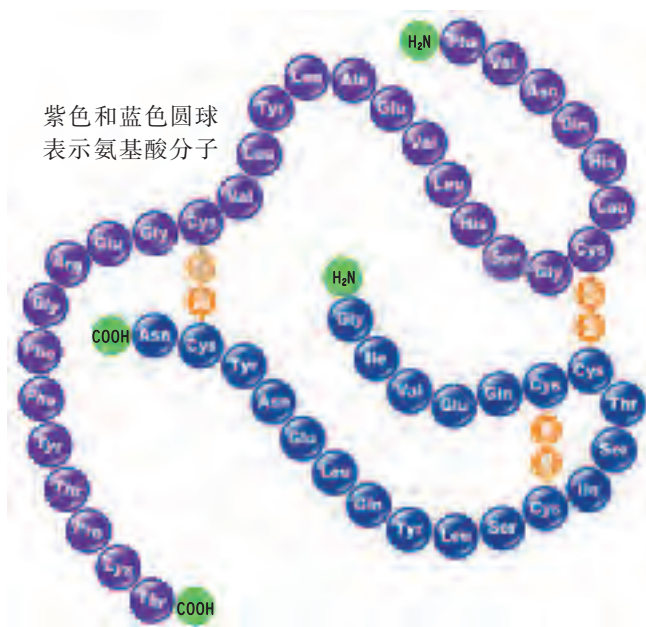


图 1-3-1 人胰岛素分子组成示意图

虽然蛋白质和淀粉、糖原都是生物大分子,但细胞的功能主要是由蛋白质完成的。蛋白质在生物体的信息传递、能量转化和物质代谢等生命活动中具有极其重要的作用,这又与蛋白质的种类多种多样以及结构千差万别有关。

细胞的功能主要由蛋白质完成

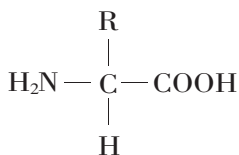


图 1-3-2 氨基酸分子结构通式

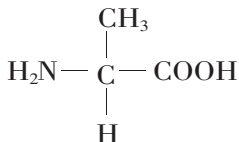


图 1-3-3 丙氨酸的结构式



半胱氨酸分子的 R 是相对复杂的基团($-\text{CH}_2\text{SH}$)。我们能参照丙氨酸的结构式,写出半胱氨酸的结构式吗?

蛋白质的基本组成单位是氨基酸(amino acid)。人体摄入的蛋白质,一般需要在消化液的作用下水解成氨基酸才能被吸收和利用。自然界中已经发现的氨基酸有几百种,而在生物体内,蛋白质通常由常见的 20 种氨基酸分子组成。组成每种蛋白质的氨基酸分子的数量和种类各有不同。这些氨基酸的结构有其共同特点:在每个氨基酸分子中,至少都含有一个氨基($-\text{NH}_2$)和一个羧基($-\text{COOH}$),并且都有一个氨基和一个羧基与同一个碳原子相连接,这个碳原子还分别与一个氢原子、一个侧链基团(R)相连接。氨基酸分子可以用结构通式来表示(图 1-3-2)。从氨基酸分子的结构通式可以看出,各种氨基酸分子的区别就在于 R 的不同,即不同氨基酸的 R 各不相同。例如,丙氨酸分子(图 1-3-3)的 R 是甲基($-\text{CH}_3$)。

知识链接

人体自身不能合成,必须由食物提供的氨基酸有 8 种,称为必需氨基酸。必需氨基酸包括苯丙氨酸、甲硫氨酸、赖氨酸、苏氨酸、色氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸。其他人体能自行合成并满足自身需要,不必由食物供给的氨基酸,称为非必需氨基酸。此外,人体合成精氨酸、组氨酸的能力常常不足以满

必需氨基酸与非必需氨基酸

足自身正常的需要,需要从食物中摄取一部分,因此将这两种氨基酸称为半必需氨基酸。

可见,在日常生活中,我们要合理调整饮食结构,避免偏食,这样不仅能摄取充足的食物蛋白质,还能注意食物蛋白质的营养价值,满足人体对必需和半必需氨基酸的种类和含量的需要。

多肽(polypeptide)是以氨基酸分子为基本单位构成的。一个氨基酸分子的羧基和另一个氨基酸分子的氨基之间通过脱去一分子水相连接,称为脱水缩合。氨基酸分子之间脱水缩合形成肽键(peptide bond)。两个氨基酸分子脱水缩合而成的物质,称为二肽(图 1-3-4)。二肽分子中含有一个肽键。

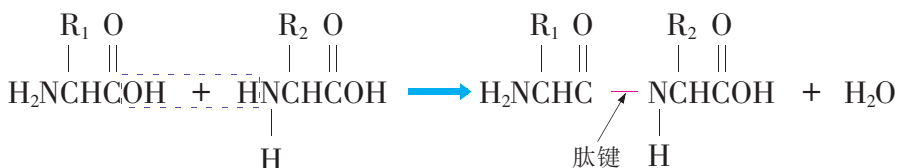


图 1-3-4 两个氨基酸分子脱水缩合形成二肽的示意图

依此类推,由 n 个($n \geq 3$)氨基酸分子以肽键彼此相连接形成的物质,称为 n 肽或多肽。多肽通常呈链状结构,称为肽链。不同的蛋白质分子由一条或多条、相同或不同的肽链构成。肽链的盘曲、折叠又形成了蛋白质分子复杂的空间结构。以兔红细胞中的血红蛋白为例,它由四条肽链盘曲、折叠后组

成，每条肽链又由一定数量的氨基酸分子以肽键彼此相连而成(图 1-3-5)。

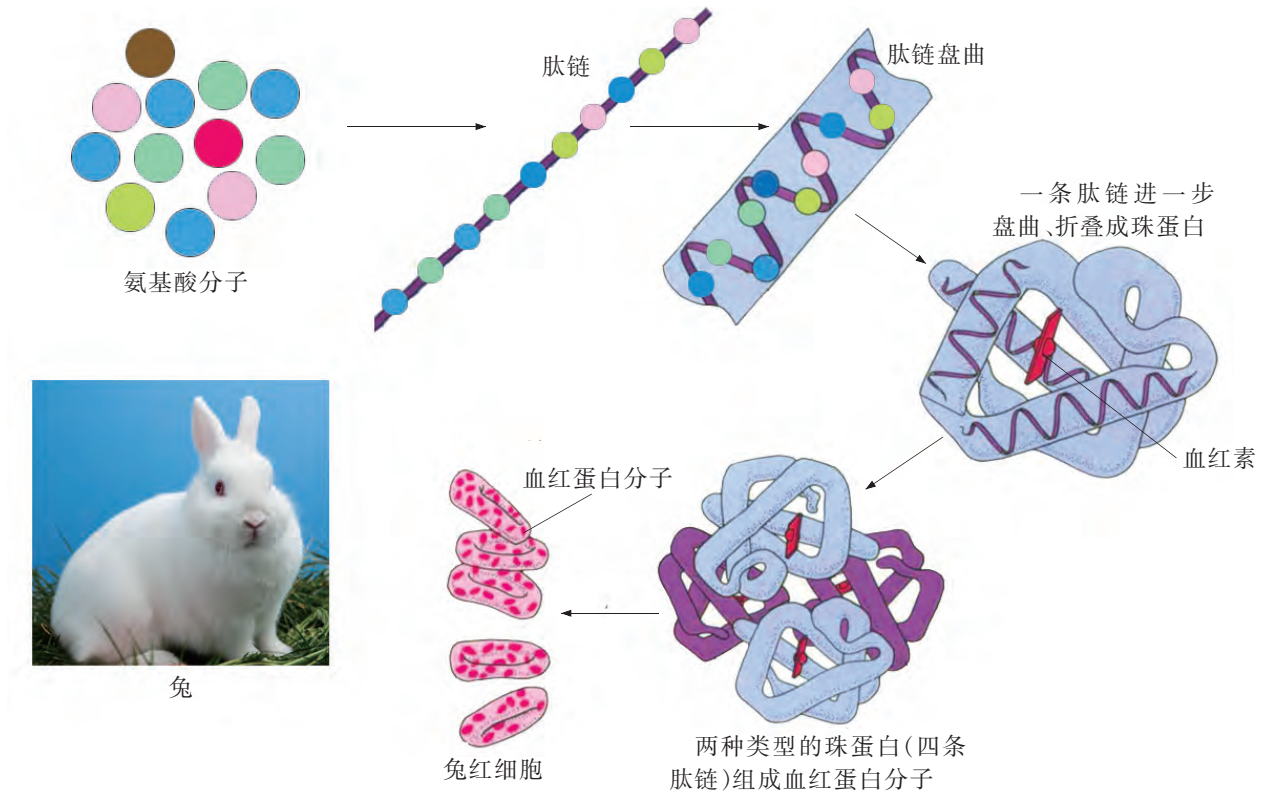


图 1-3-5 兔红细胞内氨基酸分子形成血红蛋白分子的过程示意图

蛋白质是细胞中最重要的生物大分子之一。组成肽链的氨基酸在种类、数量、排列顺序上的不同,以及构成蛋白质的肽链在数量和空间结构上的千差万别,决定了细胞中的蛋白质是多种多样的。据统计,生物体内的蛋白质大约有 $10^{10}\sim 10^{12}$ 种。如此众多的蛋白质参与组成细胞和生物体的各种结构,并具有特定的生理功能(表 1-3-1)。

表 1-3-1 人体内蛋白质部分生理功能举例

生理功能	举 例
催化	各种生物化学反应几乎都需要酶的催化,而绝大多数的酶都是蛋白质
运输	血红蛋白运输氧;脂蛋白随血流将脂肪从肝脏运输到身体其他部位
运动	肌肉中的一些蛋白质与肌肉的收缩、舒张有关
防御	抗体是一类具有免疫功能的蛋白质;凝血因子是一类能保护受伤血管的蛋白质
调控	生长激素属于蛋白质,能调节人体的生长发育

在细胞的生命活动中,种类繁多的蛋白质承担了多种多样的功能。所以说,细胞的生命活动离不开蛋白质。

与鉴定糖类、脂肪的方法相似,利用某些化学试剂能与蛋白质产生特定颜色反应的原理,可以检测生物组织中的蛋白质。检测蛋白质的常用试剂是双缩脲试剂。

实践:

1. 取两支洁净的试管,编号备用。若鉴定的样品较多,可多备几支试管并标明待测样品的名称。

2. 配制质量浓度为 0.1 g/mL 的 NaOH 溶液和质量浓度为 0.01 g/mL 的 CuSO_4 溶液,在试剂瓶上标明试剂名称备用。这两种溶液配合使用,称为双缩脲试剂。

3. 将实验材料(如牛奶、鸡卵清蛋白、豆浆或其他生物组织研磨液)稀释后,各取 2 mL 加入已编号的试管中。

4. 向各试管中分别加入 2 mL NaOH 溶液,轻轻振荡,摇匀,观察试管中是否有颜色变化。再向各试管中分别加入 $3\sim 4$ 滴 CuSO_4 溶液,轻轻振荡试管,摇匀,观察试管中颜色发生的变化(图 1-3-6)。

建议:加入 NaOH 溶液后,试管中的溶

液呈碱性,肽键与 Cu^{2+} 形成紫色的复杂化合物。这就是双缩脲试剂与蛋白质发生的颜色反应。

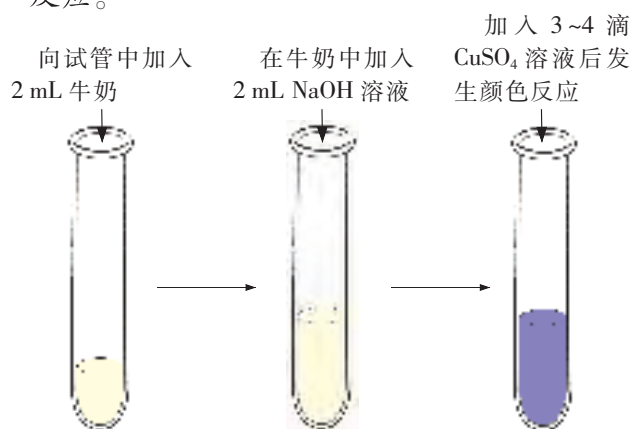


图 1-3-6 检测蛋白质的实验示意图

讨论:

1. 检测蛋白质依据的主要原理是什么?
2. 这个实验与“检测生物组织中的糖类”的实验原理有什么不同?

核酸储存与传递遗传信息

在初中生物学课程中,我们已经学习了有关基因和 DNA 的内容。但那仅仅初步涉及生物的遗传变异,要想深入理解,还需要从核酸的结构谈起。

核酸是细胞中最重要的生物大分子之一,含有 C、H、O、N、P 五种元素,分为脱氧核糖核酸(DNA)和核糖核酸(RNA)两类。它们的基本组成单位都是核苷酸(nucleotide),但脱氧核糖核酸的基本组成单位是脱氧核糖核苷酸(简称脱氧核苷酸),核糖核酸的基本组成单位是核糖核苷酸(图 1-3-7)。

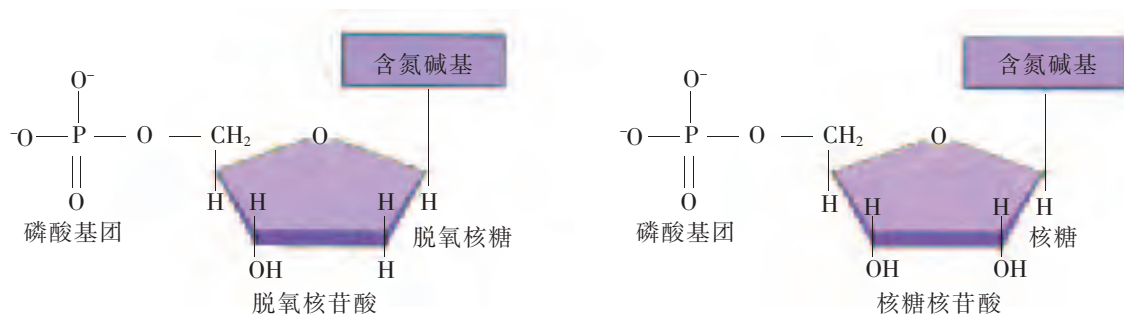


图 1-3-7 脱氧核苷酸(左)和核糖核苷酸(右)分子结构示意图



DNA 和 RNA 的化学成分有什么不同?

事实:

1. 化学上常用降解的方法研究物质的组成。核酸的降解产物是核苷酸。一分子核苷酸可降解成一分子含氮碱基(嘌呤碱基或嘧啶碱基)、一分子五碳糖和一分子磷酸。
2. 阅读表 1-3-2, 比较 DNA 和 RNA 的异同。

表 1-3-2 DNA 与 RNA 的异同

类别	DNA	RNA
基本单位	脱氧核苷酸	核糖核苷酸
核苷酸	腺嘌呤脱氧核苷酸 鸟嘌呤脱氧核苷酸 胞嘧啶脱氧核苷酸 胸腺嘧啶脱氧核苷酸	腺嘌呤核糖核苷酸 鸟嘌呤核糖核苷酸 胞嘧啶核糖核苷酸 尿嘧啶核糖核苷酸
碱基	腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)、 胞嘧啶(C)、胸腺嘧啶(T)	腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)、 胞嘧啶(C)、尿嘧啶(U)
五碳糖	脱氧核糖	核糖
酸	磷酸	磷酸

思考:

判断 某个核酸样品降解后得到了碱基等成分, 我们从哪些方面判断该样品是 DNA 还是 RNA 呢?

每个核酸分子都是由几十个乃至上亿个核苷酸连接而成的长链。一般来说, DNA 由两条脱氧核苷酸链构成, RNA 由一条核糖核苷酸链构成。组成 DNA 的脱氧核苷酸只有四种, 虽然种类有限, 但数量巨大的脱氧核苷酸连成长链时, 排列顺序多种多样, 这就决定了 DNA 中的信息量也是巨大的。

通过不断的探索, 科学家又证实了 DNA 分子上的许多片段储存着不同的遗传信息, 控制着生物体的形态、结构、生理和行为等多种性状的表达。同时, DNA 分子也通过自我复制, 为生物将其特性遗传给下一代提供了分子基础。此外, 在自然界中, 有些病毒如禽流感病毒、脊髓灰质炎病毒, 其遗传信息直接储存在 RNA 中。因此, 核酸是生物体中储存与传递遗传信息的生物大分子, 在生物体的遗传、变异和蛋白质的生物合成中具有十分重要的作用。



如果想要更多地了解与生物体内核酸有关的知识, 可参考下列资料。

朱圣庚, 徐长法. 生物化学. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2017.

第十一章 核酸的结构和功能 第三节 核酸的化学组成

本节练习

一、思辨题

1. 人体内的核酸是由哪几种核苷酸组成的? 含有尿嘧啶的核苷酸是由哪几种小分子构成的?

2. 一曲《在希望的田野上》, 不仅唱出了人们对祖国、对家乡的热爱之情, 也道出了我国各地物产的差异。歌词中提到了小麦、高粱、牛、羊等动植物。这些动植物是我们的食物来源。这些食物中, 哪些富含淀粉, 哪些富含蛋白质, 哪些富含脂肪?

二、应用题

1. 我国相关卫生部门会根据居民膳食和营养状况, 定期发布《中国居民膳食指南》, 提出符合我国居民营养健康状况和基本需求的膳食指导意见。有人根据自己的膳食习惯绘制了一个“膳食金字塔”(下图)。



膳食金字塔

我们可能都有自己偏爱的食物和膳食习惯, 不妨也绘制一个自己的“膳食金字塔”。我们的“膳食金字塔”和上图有什么差别? 这些差别对健康会有哪些影响?

2. 营养学家对一些食物中的蛋白质含量进行了测定, 得出以下数据。

食物名称	黄豆	绿豆	猪肉	牛肉	豆油
每 100 g 食物中蛋白质的质量/g	35.1	21.6	13.2	18.1	未检出

(1) 和黄豆相比, 绿豆的蛋白质含量较少, 推测绿豆中哪种物质的含量较多。

(2) 有人认为, 牛肉比猪肉的蛋白质含量高, 说明牛肉更有营养。这样的解释对不对? 为什么?

(3) 豆油中没有检测到蛋白质, 能否说明提取豆油的豆类细胞中不含蛋白质?

3. 生物大分子都是以碳链为骨架的。尝试绘制一段核酸分子的结构示意图。如果有困难, 可以利用互联网或到图书馆寻找答案。

采用双缩脲试剂能鉴定样液中是否含有蛋白质。尿蛋白试纸可用于检测尿液中的蛋白质，在使用时操作简单，现象明显。

提出问题

小组讨论，提出一个问题，如“能检测尿液中是否含有蛋白质吗”。

实验器材和试剂

点滴板、尿蛋白试纸、试管、烧杯、镊子；蒸馏水、尿液。

作出假设

针对提出的问题，作出假设。例如，利用尿蛋白试纸能检测尿液中含有的蛋白质。

设计与实施实验

阅读尿蛋白试纸的使用说明书，设计实验步骤。

建议：试纸的黄色测试端涂布了特殊的试剂，测试端接触尿液后，特殊的试剂与尿液中的蛋白质发生反应，呈现颜色变化。颜色变化从黄色到绿色，其中淡黄色为阴性，用“-”号表示，表明尿液中无蛋白质；绿色愈深，“+”号愈多，表明蛋白质含量愈高。



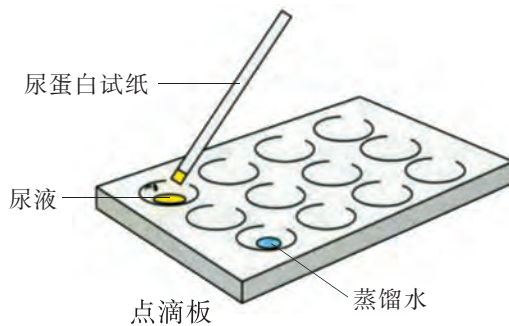
一种尿蛋白试纸的标准色板

1. 取待测样品(尿液)。在点滴板的一个凹穴中，加入一滴待测样品；在另一个凹穴中加入蒸馏水，作为对照。

2. 用尿蛋白试纸的黄色测试端蘸上待测尿液后，观察试纸的颜色变化。如果试纸由黄色转变为绿色，就表明尿液中含有蛋白质。根据变绿的程度，对照标准色板，可确定蛋白质含量的高低。



安全使用镊子!



3. 以蒸馏水代替待测尿液，重复上述实验过程，观察实验现象。

结果与分析

若待测尿液中含有蛋白质，尿蛋白试纸的测试端会由黄色转变为绿色；与标准色板对比，可确定蛋白质含量的高低。若测试端黄色不变，则说明待测尿液中不含蛋白质。

当尿液中蛋白质含量增高时，说明人体可能出现了一定的健康问题。要想真正了解情况，需要去医院进一步检查。

积极的体像认知

进入青春期,青少年的身高、体重迅速增加,第二性征出现,生理机能逐渐发育成熟。青春期后期,生长速度减缓是趋于成熟的标志。同时,伴随着心理的发展变化,青少年也会遇到各种各样的问题和烦恼,如由审美观偏差而引起的对自己身体发育、长相、身材等体像认知方面的烦恼。

积极的体像认知需要树立正确的审美观。例如,青春期女生体形开始丰满、体重开始快速增加,有些女生会刻意减肥;青春期男生发育速度有差异,很多男生常为个子矮小而烦恼。青少年应能识别来自社会、媒体、同伴攀比等方面的因素对审美观的影响,认识到形体美是每个人的自然追求,但决定形体的因素不仅包括后天环境(如运动、营养、生活方式),还包括先天因素(如遗传)。青少年应该认同健康自然为美的观念,保持健康体重,科学对待青春期的身体发育。

积极的体像认知还需要学会反思,正确地进行自我评价。例如,青少年需要明白在青春期关注自己的体像是一种正常的心理现象,但要注意不能将全部精力放在对外貌的关注上。外貌不够理想是一个普遍而客观存在的现象,很难由人的主观意愿所决定;世界上也没有十全十美的人,每个人都会有各自的优点与不足。青少年应发挥自己的优点,弥补自己的不足,保持积极的体像认知。



本章小结

概念回顾

●细胞由多种多样的分子组成。组成细胞的元素包括 C、H、O、N、P、S 等大量元素,也包括 Fe、Mn、Zn、B、Se 等微量元素。组成细胞的化合物包括无机物和有机物。几种化合物的主要类型、组成物质和主要作用可列表如下。

几种化合物的不同特征比较

化合物	无机物		有机物			
	水	无机盐	糖类	脂质	蛋白质	核酸
主要类型	结合水、自由水	常以离子形式存在	单糖、二糖、多糖	磷脂、固醇类、脂肪	多种多样	脱氧核糖核酸、核糖核酸
组成物质	水分子	多为离子	单糖	甘油、脂肪酸等	氨基酸	核苷酸
主要作用	赋予细胞许多特性	与生命活动密切相关	细胞的结构成分和主要能源物质	维持细胞的结构和功能	完成细胞的主要功能	储存与传递遗传信息

●蛋白质和核酸种类的多样性决定其功能的多样性。组成蛋白质的氨基酸种类、数量和排列顺序的多样性,决定了蛋白质种类和功能的多样性;脱氧核苷酸虽然只由四种脱氧核苷酸组成,但由于数量巨大、排列顺序多种多样,也决定了脱氧核糖核酸分子可以携带大量的遗传信息。

素养提升

●基于各种物质是细胞执行生命活动的物质基础的事实,能认同生物体组成成分与功能之间有重要关系。

●针对给定的生物学问题(如植物细胞是否含有脂肪),能使用简单的实验器具,按照实验步骤进行实验,掌握科学探究方法。

●基于农作物缺氮、磷、钾等无机盐而影响生长发育的事实,能设计解决问题的方案,并能通过合理施肥,促进其生长发育,提高农作物产量。基于人体缺硒、缺钙而引起相应缺乏症的证据,能理性判断在饮食中适量补充含硒、含钙的无机盐,以达到改善人体健康状况的目标。

●通过多项探究活动,认识到“推理”“实证”方法的重要性。在实证过程中,初步掌握实事求是地记录、整理、分析实验数据及定量表述实验结果等技能。

本章练习

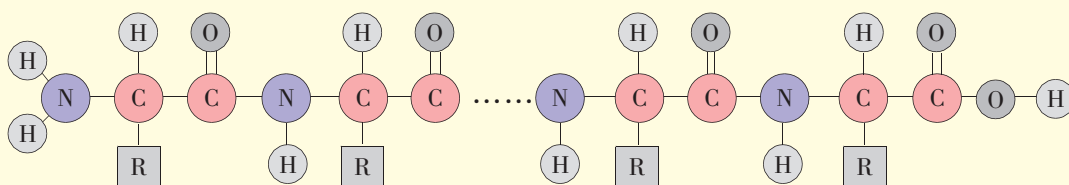
1. 血红素是血红蛋白分子的重要组成部分,能使血液呈红色,其中的 Fe^{2+} 是血红蛋白运输氧的关键物质。下图表示血红素、血红蛋白和红细胞的关系。



血红素、血红蛋白和红细胞的关系示意图

(1) 组成人体红细胞的化学元素包括 C、H、O、N、P、S、Fe 等。我们能举例说出这些元素在红细胞的结构中参与了哪些物质的组成吗? 这些物质分别具有哪些重要的生理功能?

(2) 血红蛋白由四条多肽链组成。如果下图为血红蛋白分子的部分结构示意图,我们能说出该结构的特点吗? 组成该片段的基本单位是什么? 尝试用箭头标出肽键的位置。



血红蛋白分子的部分结构示意图

(3) 根据上述红细胞中血红蛋白的结构和功能的事实,举例阐述各种生物大分子物质是细胞进行各项生命活动的物质基础。

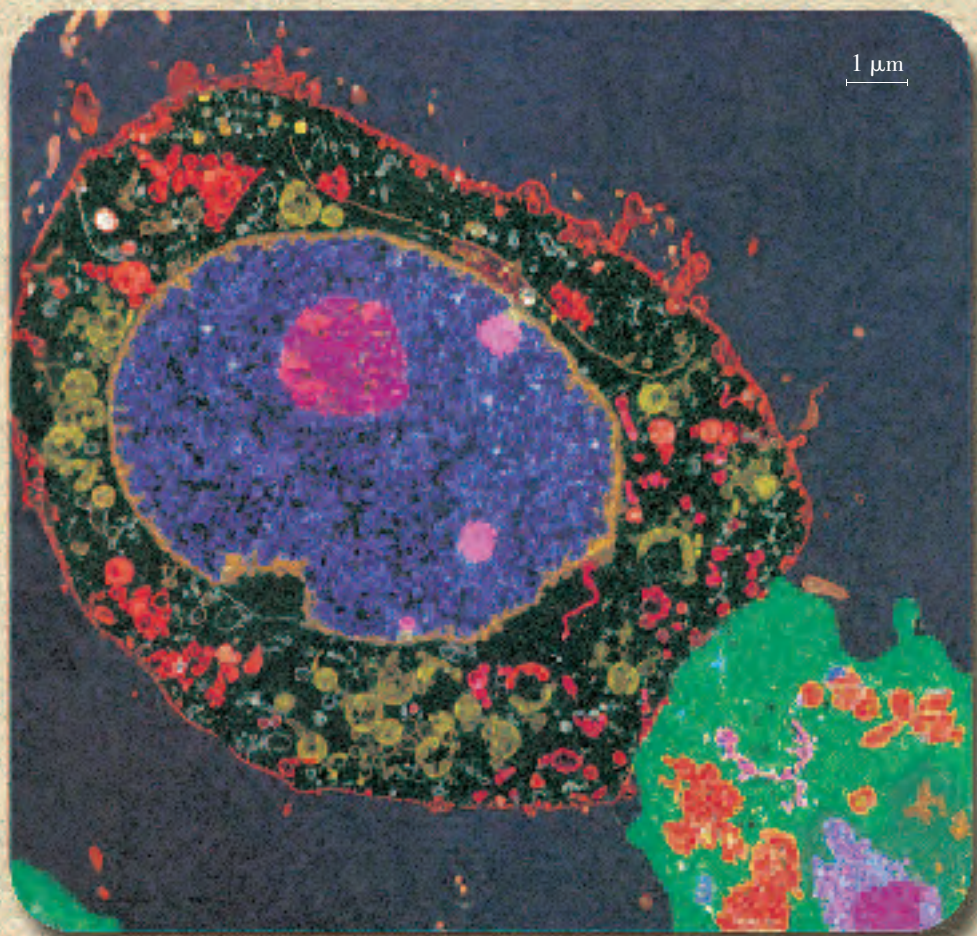
(4) 血红素中 Fe^{2+} 能可逆地与 O_2 结合,当它与氧结合时,暗红色的缺氧静脉血变为鲜红色的富氧动脉血。煤气中毒患者,各种组织细胞都处于缺氧状态,这是什么原因?

2. 在以后的章节里,我们会逐步体会到“蛋白质是生物体生命活动承担者”的含义。以我们现有的知识能认同上述观念吗? 如果有兴趣,可通过互联网或图书馆寻找答案。

3. 健康饮食是保证人体生命活动正常进行的物质基础。以饮水为例,面对推荐饮用矿泉水和纯净水的宣传时,我们该做怎样的选择? 为什么?



如果想要更多地了解与本章有关的内容,可访问:
植物生理学、生物化学、细胞生物学、生物技术等相关的网站。



透射电子显微镜下的一个动物细胞

第二章

细胞的结构和生命活动

当胡克在 1665 年用显微镜观察一块软木薄片结构时,发现了一个个“小房间”,并将其命名为“细胞”,“细胞”一词被沿用至今。之后的两百多年,关于细胞结构的研究进展缓慢。随着显微技术的发展,尤其是电子显微镜的发明,细胞结构的更多细节才渐渐被展现出来。

那么,细胞究竟有哪些结构呢?它们是怎样被发现的呢?生物体的结构和生命活动的基本单位都是细胞吗?细胞具有复杂的结构,与细胞的各项功能有什么关系?

第一节 细胞学说——现代生物学的“基石”

走进生物实验室,最引人瞩目的就是显微镜了。如果从细胞生物学发展的源头开始探寻,我们会发现,细胞世界的每一次发现,细胞理论的每一点完善,都依托于实验技术的进步。其中,显微镜的制造和发展则为细胞学说的建立奠定了坚实的基础。那么,是谁最先制造了显微镜?又是谁首先用显微镜揭开了微观生物世界的神秘面纱?



积极思维

谁揭开了微观生物世界的神秘面纱?

事实:

1. 人们早就从制造老花镜中认识到凸透镜具有放大物体影像的作用。一些有好奇心的人开始制作凸透镜,用它观察人类肉眼无法看到的微小物体,最早的显微镜因此而诞生。



图 2-1-1 列文虎克制造的显微镜

2. 荷兰科学家列文虎克 (A.van Leeuwenhoek, 1632—1723) 从童年开始,就热爱大自然,遇到问题总喜欢刨根问底,对科学研究非常执着。他酷爱制作放大镜和显微镜,一生制作了 400 多台显微镜(图 2-1-1)。列文虎克没有想到,他制作的显微镜成了揭开微观生物世界神秘面纱的工具。

3. 当时最好的显微镜只能将微小物体放大近 300 倍,但已经能够让人们看到肉眼看不到的生命现象了。列文虎克是第一个用显微镜来观察细菌和原生动物的。他通过显微镜观察到了“苍蝇腿上长满密密的绒毛”“人的牙垢中存在游荡和跳舞的小生物”……1675 年,他描述了运动的原生动物和游动的精子;1681 年,他又描述了细菌。

思考:

1. **推测** 根据初中阶段使用显微镜的经验,推测列文虎克的显微镜至少应具备哪些结构?

2. **分析** 列文虎克用制造的显微镜展现微观生物世界,这对生物学的发展有什么作用?

在列文虎克制造并用显微镜观察微观生物世界之后的 200 多年里,许多人也跟随列文虎克用显微镜探索生命的奥秘,但进展并不显著。直到 19 世纪 30 年代,两位杰出的科学家才根据自己的研究证据,提出了划时代的细胞学说。

细胞学说的建立与发展

到了 1830 年前后,科学家们制作的显微镜在分辨率上已经远高于列文虎克的显微镜。英国植物学家布朗 (R. Brown, 1773—1858)运用这些分辨率较高的显微镜,研究他从澳洲搜集来的植物时,发现其表皮、花粉、胚珠等部位的细胞内普遍存在一种构造,并将之命名为“细胞核”。这一研究成果引起了德国植物学家施莱登 (M.J. Schleiden, 1804—1881) 的注意,他在仔细观察多种植物细胞后,证实了“细胞核”的存在。

1838 年,施莱登使用分辨率达 $1\ \mu\text{m}$ 的显微镜观察了大量的植物组织,发表了《植物发生论》,指出细胞是构成植物的基本单位。他提出:“植物,不论发展到多么高级,都是由充分个体化的、各自独立的、分离的物体组成的聚合体,这些物体就是细胞。”

1839 年,德国动物学家施旺 (T. Schwann, 1810—1882) 在对鱼、蛙、猪等多种动物细胞进行系统观察后发表了《关于动植物的结构和生长的一致性的显微研究》,指出:“细胞是有机体,整个动物和植物都是细胞的集合物,它们依照一定的规律排列在动物和植物体内。”

施莱登和施旺 (图 2-1-2) 根据自己的实验结果,共同创建了细胞学说 (cell theory): 一切动物和植物都是由细胞组成的,细胞是一切动物和植物体的基本单位。

1854 年前后,一些德国科学家通过对胚胎发育过程的研究,证明了生物个体发育的过程就是细胞不断增殖和分化的连续过程。

1858 年,德国科学家魏尔肖 (R. Virchow, 1821—1902) 指出:“细胞是先前存在的细胞通过分裂产生的,细胞是一个相对独立的生命活动的基本单位。”这被认为是对细胞学说的重要补充。

地球上的生物千差万别,已经命名的物种超过 200 万种,但作为生物基本单位的细胞,则有显著的基本共性,如相似的化学组成、基本一致的结构形式。同时,细胞又有明显的多样性,如种类繁多、形态各异、功能多样。细胞学说将动物和植物统一到细胞水平,这对现代生物学的发展具有重要意义。此后,随着显微镜等研究工具的进一步发展,许多科学家对细胞学说的完善又做出了新的贡献。



图 2-1-2 施莱登(左)和施旺(右)共同创建了细胞学说



19 世纪物理学、化学及其他科学技术的发展,对细胞学说的建立具有重要作用。尝试通过一个实例加以说明。

生物学研究的重要工具——显微镜

在认识细胞的过程中,最重要的工具之一是显微镜。

光学显微镜

光学显微镜(light microscope)是由一个或几个透镜以及其他机械结构组成的光学仪器。普通的光学显微镜主要包括光学部分和机械部分,光学部分由目镜、物镜、聚光器和反光镜组成,机械部分由镜筒、载物台、物镜转换器、粗准焦螺旋、细准焦螺旋、镜臂和镜座等组成(图 2-1-3)。

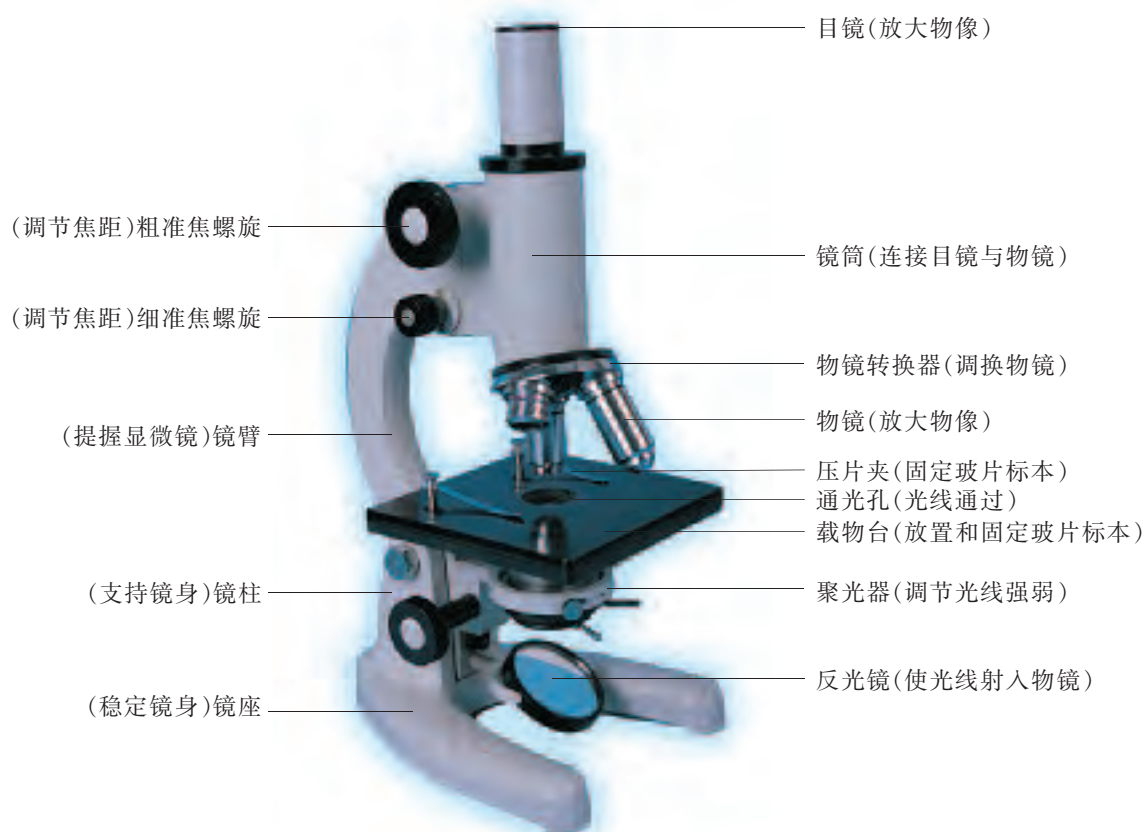


图 2-1-3 一种光学显微镜

用光学显微镜观察玻片标本时,被观察的物体经过物镜和目镜的两次放大,所以,物像的放大倍数是物镜放大倍数与目镜放大倍数的乘积。例如,在观察时,如果选择的目镜的放大倍数为 $10\times$ 、物镜的放大倍数为 $40\times$,那么,观察到的物像就被放大了 400 倍。

跨学科视角

有人能够理解显微镜观察到的物像是放大的物像,但对所成物像是倒立的现象感到困惑。

我们能从物理学视角对这一现象加以阐述吗?



实践:

在初中,我们已经了解了光学显微镜低倍镜的操作步骤和注意事项。在低倍镜的基础上,我们可用高倍镜进行观察。

1. 若需要将物像进一步放大,可使用高倍物镜观察。首先在低倍镜下移动玻片标本,将要观察的目标移到视野中央,再转动转换器,直到高倍物镜与镜筒成一直线。“嘀嗒”一声表示物镜旋转到位。

2. 调节聚光器。聚光器一般由聚光透镜、光圈和升降螺旋组成。调节升降螺旋,聚光透镜将由反光镜反射过来的光线聚焦在

样品上,再调节光圈的大小,物像将变得更加明亮、清晰。

3. 调节细准焦螺旋,进一步观察物像。

4. 整理显微镜:每次观察结束后,先移去玻片标本,清理好载物台;转动转换器,使物镜偏向两侧;将镜筒下降到最低处,再将反光镜竖立。

讨论:

如何正确使用高倍镜观察玻片标本?怎样调节聚光器和细准焦螺旋,使物像更加清晰?

电子显微镜

现在已经知道,可见光的波长范围一般为 380~760 nm,因此限制了以可见光为光源的光学显微镜的分辨率,使其最大放大倍数受到很大限制。要提高显微镜的放大倍数,科学家们只能另辟蹊径。20 世纪 30 年代初,德国青年科学家卢斯卡(E. Ruska, 1906—1988)等利用高能电子束波长很短的特点,制造出能够放大 10 000 倍的电子显微镜。由于此项贡献,卢斯卡等人获得 1986 年诺贝尔物理学奖。

目前使用的电子显微镜已经能把观察的物体放大上百万倍。常用的电子显微镜有透射电子显微镜(transmission electron microscope)和扫描电子显微镜(scanning electron microscope)。

细胞的大小和形态

观察周围的大自然,我们会发现其中生活着各种各样的生物。除了病毒外,所有生物体都是由细胞构成的。病毒虽然没有细胞结构,但其生命活动离不开活细胞。因此,细胞是生物体结构和功能的基本单位。

有的细胞用肉眼就能看见,如鸟类的卵细胞、蛙的卵细胞;很多细胞的直径在 10~100 μm 范围内,可以用低倍光学显微镜观察;大多数细菌细胞的直径仅为 0.5~5.0 μm ,需要用高倍光学显微镜或电子显微镜才能观察清楚。



许多人都认为一个鸡卵就是一个细胞。这种观点对吗?为什么?



实践:

使用光学显微镜观察生物细胞时,可采集多种生物材料,如菠菜叶、人口腔上皮细胞,制作成临时玻片标本;也可以直接观察生物细胞的永久玻片标本。

1. 观察菠菜叶表皮细胞:

(1) 将载玻片擦拭干净,在中央滴一滴清水。

(2) 用镊子夹取菠菜叶下表皮,将其浸

入载玻片中央的水滴中并展平,以防止由于细胞的重叠而影响观察效果。

(3) 用镊子夹起盖玻片,使其一边先接触载玻片中央的水滴边缘,然后轻轻盖在菠菜叶下表皮上,避免产生气泡,用吸水纸吸去盖玻片周围多余的水。

(4) 将制作好的玻片标本放到显微镜下观察,记录所观察到的现象(图 2-1-4)。



将载玻片擦拭干净



在载玻片中央滴一滴清水



夹取菠菜叶下表皮放入清水中



盖上盖玻片制作成临时玻片标本

图 2-1-4 菠菜叶下表皮临时玻片标本的制作过程示意图

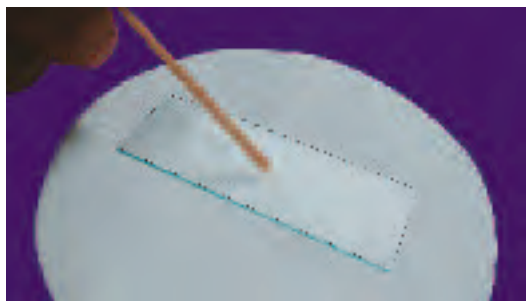
2. 观察人口腔上皮细胞:

(1) 将载玻片擦拭干净,在中央滴一滴质量分数为 0.9% 的生理盐水。

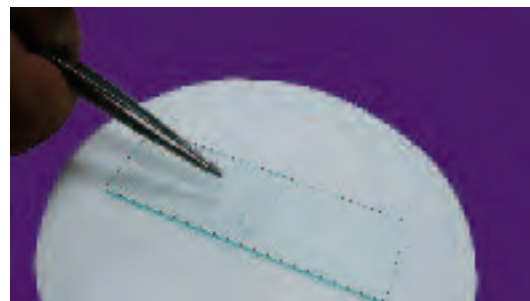
(2) 用牙签轻轻刮取自己的口腔内侧,将牙签上的刮取物涂布在生理盐水中,盖上盖玻片。

(3) 口腔上皮细胞无色,为便于观察,需要染色。染色时,在盖玻片一侧滴一滴稀碘液,在另一侧用吸水纸吸引。

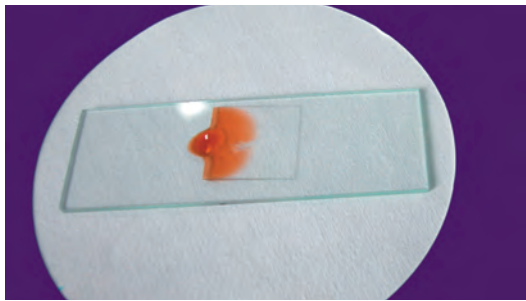
(4) 将制作好的临时玻片标本放到显微镜下观察,记录所观察到的现象(图 2-1-5)。



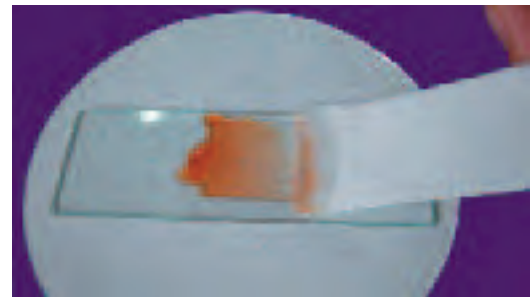
将牙签上的刮取物涂布于生理盐水中



镊子夹住盖玻片轻轻放下



在盖玻片一侧滴一滴稀碘液



在盖玻片另一侧用吸水纸吸引

图 2-1-5 人口腔上皮细胞临时玻片标本的制作过程示意图

3. 观察永久玻片标本或单细胞生物临时玻片标本：

在显微镜下，观察人的骨组织、肌肉组织和神经组织的永久玻片标本，或采集池塘水观察藻类或草履虫、变形虫等单细胞生物，并绘制所观察到的各种细胞物像。

讨论：

1. 在制作临时玻片标本时，我们还有哪些需要注意的事项？
2. 不同的组织细胞在形态方面有哪些差别？

观察了各种玻片标本后，我们会发现，不仅生物细胞的大小有一定差异，细胞的形态也各不相同(图 2-1-6)。

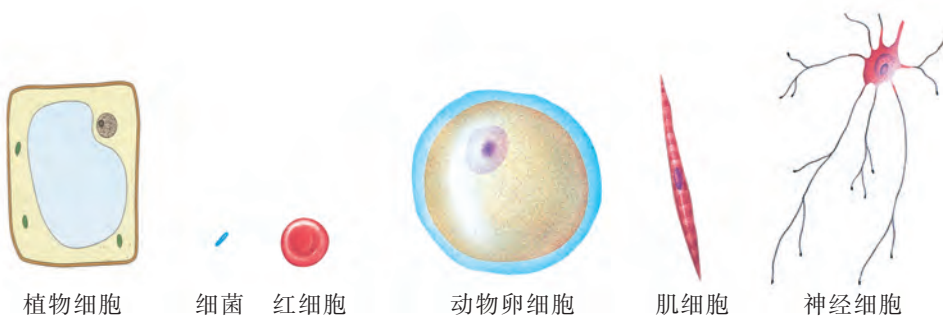


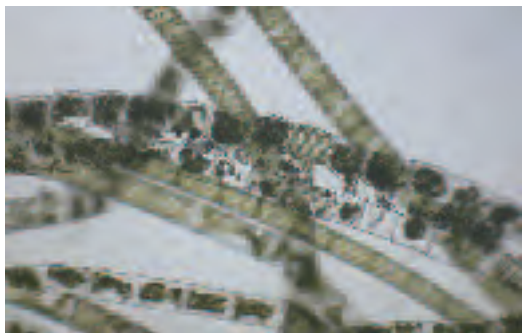
图 2-1-6 几种细胞的形态示意图

细胞的大小、形态与其生理功能是相适应的。例如，动物卵细胞一般较大，储藏了较多的营养物质，有利于细胞分裂与分化等生命活动。

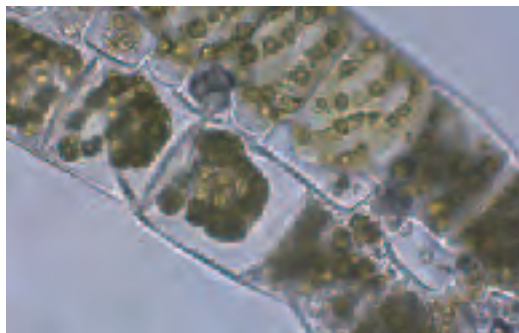
本节练习

一、思辨题

1. 一位同学在 11 月中旬从池塘水中采集到水绵并制作成临时玻片标本,放在显微镜下观察,并拍摄了水绵的显微图片。下列描述与事实不符的是 ()



(100×)



(400×)

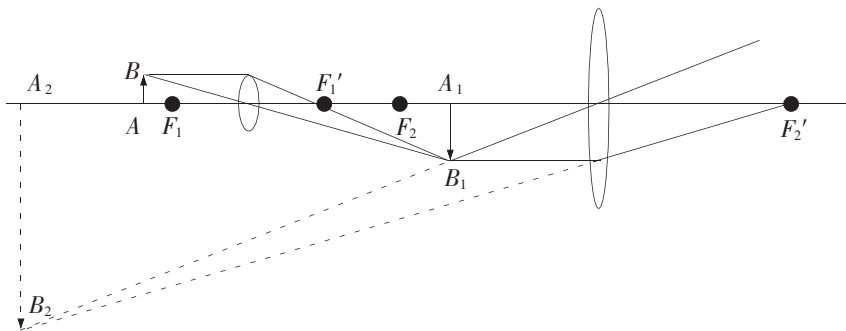
显微镜下的水绵

- A. 温度会影响水绵细胞的多种生命活动
- B. 水绵细胞中呈带状的结构是叶绿体
- C. 显微镜下水绵的放大倍数为细胞面积的倍数
- D. 向水绵滴加稀碘液后绿色部分会呈现蓝色

2. 我们通常对细胞染色后,再观察其形态和结构,但在观察某些植物细胞结构时不需要染色,原因是什么?请举例说明。

二、应用题

1. 从物理学角度看,光学显微镜的成像原理如下图所示:



光学显微镜的成像原理示意图

(1) 现有一种植物叶肉细胞,其直径(AB)约为 $100\ \mu\text{m}$ 。如果物镜的放大倍数为 $15\times$,目镜的放大倍数为 $16\times$,那么,在 A_1B_1 和 A_2B_2 处分别放大多少倍,是虚像还是实像?

(2) 在显微镜下,细胞虽然形态各异,但都具有相似的化学组成、基本一致的结构形式。这一事实说明了什么?

2. 2014 年诺贝尔化学奖授予美国科学家白兹格 (E. Betzig, 1960—)、莫尔纳尔 (W. Moerner, 1953—)和德国科学家赫尔 (S. Hell, 1962—),以表彰他们在超高分辨率荧光显微技术领域取得的成就。试举例说明这一技术对生物学发展的影响。

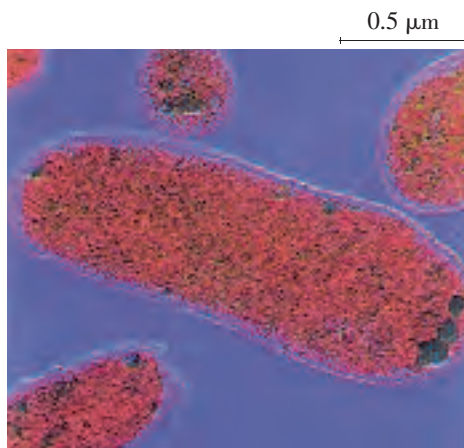
电子显微镜

显微镜的发明,为人类打开了通向微观世界的大门。随着现代科学技术的发展,显微镜的种类越来越多,性能也更加完善。我们在实验室常用的是光学显微镜,而在科学研究中可能还需要使用电子显微镜。电子显微镜主要分为透射电子显微镜和扫描电子显微镜两大类。

透射电子显微镜的成像原理和光学显微镜基本相同,需要将样品制成超薄切片,让电子穿透切片,经过电磁透镜放大成像,适合于观察细胞内部的细微结构。扫描电子显微镜利用高能电子束在细胞等样品的表面扫描,最终形成反映样品表面形态和结构特征的图像,适合于观察细胞等样品的表面形态和结构(下图)。



透射电子显微镜



透射电子显微镜下放大的细菌



扫描电子显微镜



扫描电子显微镜下放大的细菌

第二节 细胞——生命活动的基本单位

人们借助光学显微镜发现了细胞,后来随着电子显微镜的出现和发展,细胞更细微的结构也逐步被观察到。但科学家也认识到,仅仅依赖显微镜是不可能完全洞察细胞的结构与功能的。以细胞质膜为例,在发现细胞后的几百年里,一直没有观察到细胞质膜,甚至有人怀疑细胞是否有一个确切的边界结构。那么,科学家是怎样通过深入研究才认识细胞质膜的结构与功能的呢?这些研究过程又给予我们什么启示呢?



积极思维

细胞质膜的结构与功能是怎样被认识的呢?

事实:

1. 1895年,欧文顿(E. Overton)采用500多种化学物质,做了上万次实验,证明细胞质膜是由脂质构成的。

2. 1925年,戈特(E. Gorter)和格伦德尔(F. Grendel)用丙酮提取红细胞质膜,结果脂质在水面上铺成单分子层,其面积大约是红细胞表面积的两倍。这证明脂质呈双分子层排布。

同年,在戈特和格伦德尔实验的基础上,另外两位科学家发现细胞质膜的表面张力比“油-水”界面的张力低得多。针对这种情况,他们认为细胞质膜中应含有蛋白质成分。

3. 1959年,罗伯特森(J.D. Robertson)通过电子显微镜观察,发现细胞质膜显示“暗—明—暗”三条带(图2-2-1)。其中,两侧的暗带厚约2 nm,推测为蛋白质;中间的明带厚约3.5 nm,推测为双层脂分子。据此,他确认细胞质膜为脂质双分子层的“单位膜模型”。

思考:

1. **概括** 根据以上所列实验证据,尝试概括细胞质膜的组成成分。

2. **推理** 根据上述实验证据,我们能否通过绘图的方式建构细胞质膜的结构模型呢?

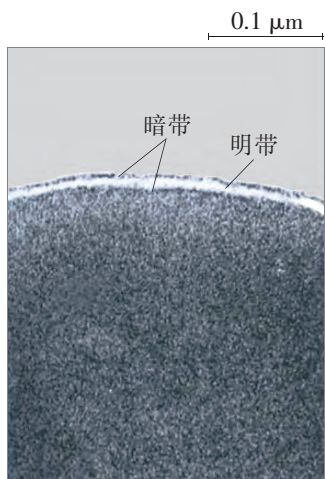


图 2-2-1 细胞质膜显示“暗—明—暗”三条带

有关细胞质膜和细胞结构的研究并没有到此为止,后来的科学家开展了更富有创造性的研究工作,如细胞的结构和功能、细胞重大生命活动及其分子机制。这些研究已成为当今生命科学的重要领域,并正在影响和改变人类的生活。

细胞质膜将细胞与外界环境分开

细胞质膜的成分和结构

细胞质膜是指包被在细胞最外层的膜结构。科学家已经通过实验证明细胞质膜是由双层脂质分子构成的。这为探明细胞质膜的结构奠定了基础。那么,细胞质膜究竟由哪些成分构成?其结构又是怎样的呢?

后来,科学家又通过实验发现,细胞质膜主要由脂质和蛋白质组成。其中,脂质约占细胞质膜总重量的50%,蛋白质约占40%。在组成细胞质膜的脂质中,含量最高的是磷脂。



根据已有的化学知识,尝试推理得出,采用哪些有机溶剂可以提取人红细胞质膜中的脂质成分。



积极思维

人细胞与鼠细胞为什么能融合?

事实:

1970年,科学家做了人、鼠细胞的融合实验(图2-2-2),实验内容如下:

1. 先用红色、绿色荧光素分别标记人和鼠的抗体,再将被标记的抗体分别和人、鼠细胞质膜上相应的抗原结合,使人细胞呈红色,鼠细胞呈绿色。

2. 将两种颜色的细胞放在一起培养,在细胞融合剂的诱导下,两种细胞发生融合。

3. 在荧光显微镜下观察发现,人、鼠细胞融合初期,融合细胞的细胞质膜一半呈红色,另一半呈绿色。在37℃条件下培养40 min后,两种颜色均匀地分布在细胞质膜上。

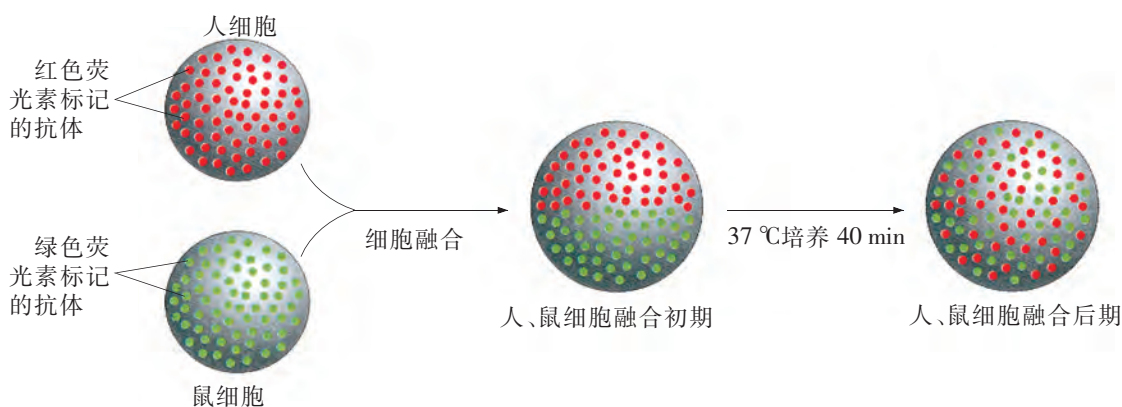


图2-2-2 人、鼠细胞融合实验示意图

思考:

推理 根据上述实验,推理细胞质膜的结构特点。



根据细胞质膜结构的流动镶嵌模型，尝试解释细胞质膜结构动态变化的原因。

人、鼠细胞融合实验表明，细胞质膜具有一定的流动性。1972年，科学家提出了细胞质膜结构的流动镶嵌模型(fluid mosaic model):磷脂双分子层(phospholipid bilayer)构成了细胞质膜的基本支架,由它支持着许多执行某些特定功能的蛋白质分子(图2-2-3)。细胞质膜上的蛋白质分子,有的镶在磷脂双分子层的内侧或外侧,有的部分或全部嵌入磷脂双分子层中,有的贯穿整个磷脂双分子层。蛋白质分子和磷脂分子具有一定的流动性。在细胞质膜的表面,还有一些糖分子聚合形成短的糖链,再与蛋白质或脂质分子相结合,形成糖蛋白(glycoprotein)或糖脂。这些糖链绝大多数都位于细胞质膜的外侧。

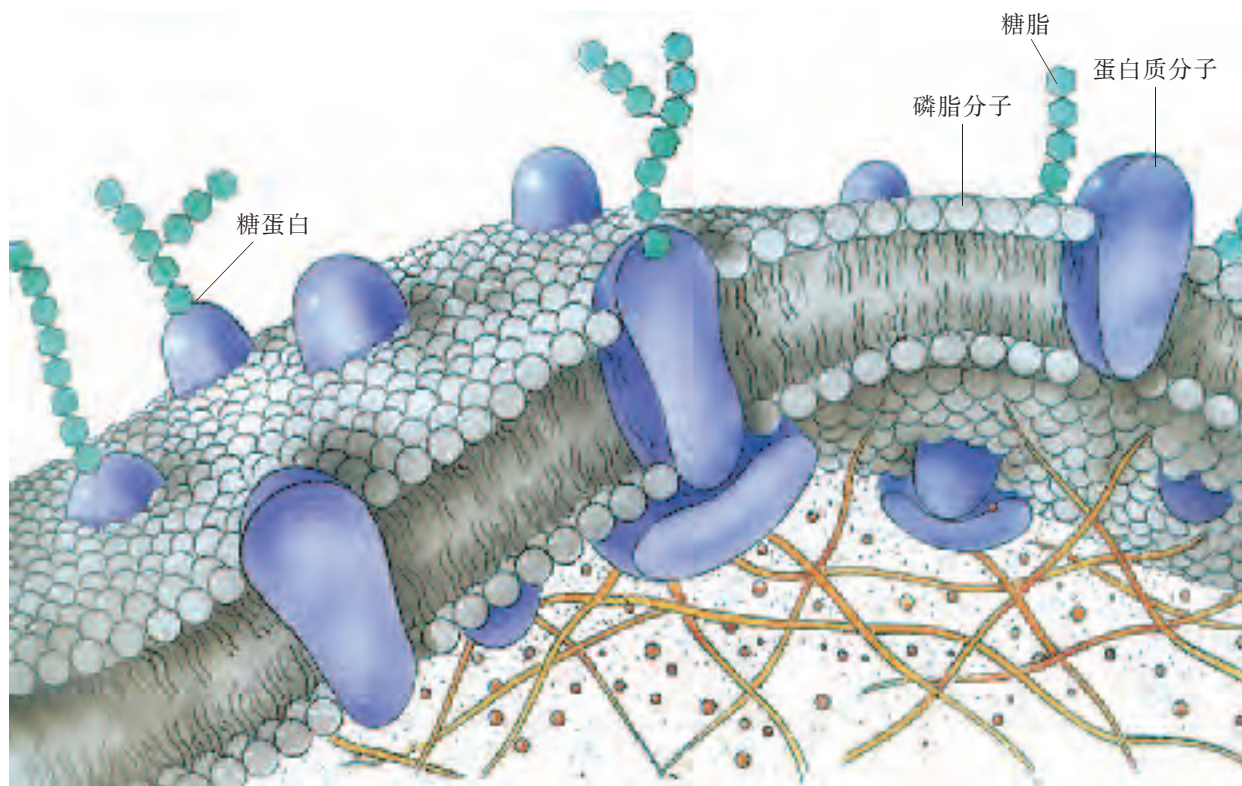


图2-2-3 细胞质膜结构模式图

细胞质膜的功能

细胞质膜结构复杂,功能多样。它控制着细胞与周围环境的物质交换:细胞需要的营养物质通过细胞质膜从外界进入细胞;细胞内合成的激素、抗体等物质经细胞质膜运输到细胞外;细胞代谢产生的废物等,也经细胞质膜排出。细胞之间的信息交流通常依靠细胞质膜上的蛋白质分子完成,功能越复杂的细胞,细胞质膜上蛋白质的种类和数量往往越多。细胞质膜还将每个细胞与周围环境分隔开,维持着细胞内部环境的相对稳定。

多细胞生物体内的众多细胞不是孤立存在的,而是通过各种方式进行信息交流,相互协调,共同维持生物体的生命活动。

细胞质膜表面的糖蛋白和糖脂在细胞之间的信息交流中具有重要作用。例如,受精过程中,有些糖蛋白的糖链参与了精子和卵细胞的相互识别。细胞质膜上的受体大多是糖蛋白,它们能识别信号分子(能与受体结合并传递信息的分子)并与之结合,实现细胞识别和信息传递的功能。

相邻细胞之间的细胞质膜相互接触,信息传递可通过信号分子与受体的结合而完成(图 2-2-4)。相距较远的细胞,信号分子的传递需借助于体液。例如,一些激素可随血液循环流向全身各处,通过与靶细胞质膜上或细胞内的受体结合,作用于靶细胞(图 2-2-5)。



靶细胞是指能识别某种特定激素并与其特异性结合而产生某种生物效应的细胞。你能举出若干种靶细胞吗?

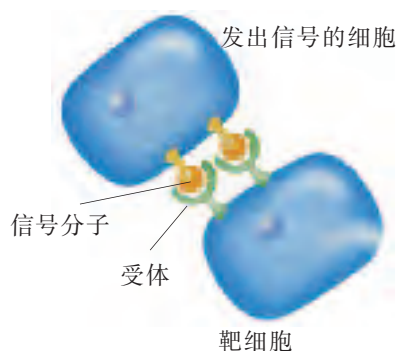


图 2-2-4 相邻细胞间传递信息示意图

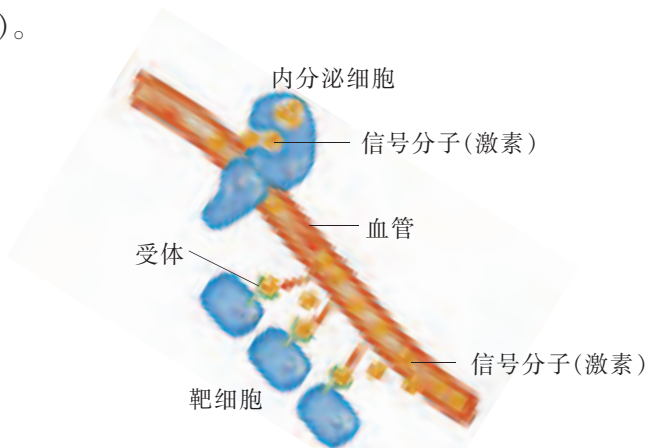


图 2-2-5 细胞间远距离传递信息示意图

问题与讨论

通过初中生物学课程的学习,我们已经初步认识到人体多种激素随着血液循环分布到身体各个部位,并能对人体各种生命活动发挥重要调节作用。

那么,我们能说出甲状腺激素、肾上腺素、生长激素分别作用于哪些靶细胞吗?

在某些植物中,相邻细胞之间可通过胞间连丝传递信息(图 2-2-6)。胞间连丝贯穿细胞壁沟通相邻的细胞,是细胞间物质运输与信息传递的重要通道。

细胞质膜是所有细胞都具有的重要结构。在植物细胞的细胞质膜外还有细胞壁(cell wall),它的主要成分是多糖(如纤维素、果胶)。植物细胞壁具有维持细胞形态、保护细胞内部结构等作用。坚韧的细胞壁能使植株抵抗重力,并在空中挺立。

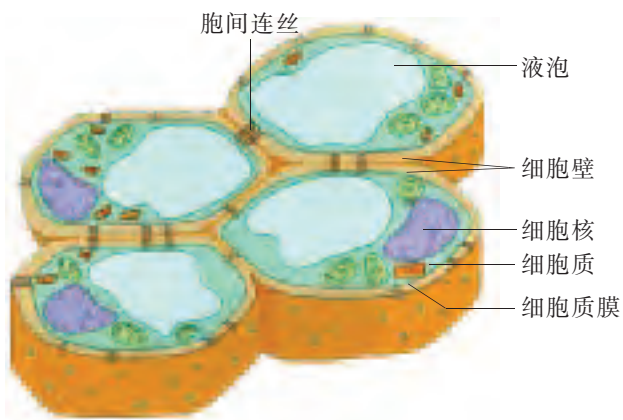


图 2-2-6 胞间连丝传递信息示意图

知识链接

细菌和真菌的细胞壁

除植物外，细菌和真菌细胞也具有细胞壁，但两者细胞壁的成分和结构差异明显。

细菌细胞壁主要成分有肽聚糖、磷壁酸、脂质和蛋白质。肽聚糖为多层的细菌，细胞壁中一般含有较高的磷壁酸和少量的蛋白质，几乎不含有脂质，其对机械力抗性强，对青霉素敏感；肽聚糖为单层的细菌，细胞壁中一般几乎不含有磷壁酸，而脂质和蛋白质含量较高，对机械力抗性弱，对青霉素不敏感。

真菌细胞壁的主要成分是多糖，还有少量的蛋白质和脂质。真菌细胞壁分为有形的微纤维和无定形的基质。微纤维部分是单糖的聚合物，如纤维素和几丁质，可比作建筑物中的钢筋，使细胞壁保持韧性。基质包括甘露聚糖、葡聚糖和少量蛋白质等，犹如混凝土等填充物。低等真菌的细胞壁成分以纤维素为主，酵母菌以葡聚糖为主，高等陆生真菌以几丁质为主。即使同一真菌，在不同生长阶段，细胞壁的成分也有所不同。

结构与功能独特的细胞器

在真核细胞中，细胞质(cytoplasm)是指细胞质膜以内、细胞核(nucleus)以外的部分，主要包括细胞质基质(cytoplasmic matrix)和细胞器(organelle)。

细胞质基质呈胶状，包含水、无机盐、脂质、糖类、氨基酸、核苷酸和多种酶，还有由蛋白质分子构成的细胞骨架等。细胞质基质是生命活动的重要场所，为生命活动提供了一定的环境条件以及所需要的物质和能量。细胞骨架维持着细胞的特有形态和细胞内部结构的有序性，还能影响细胞的分裂、分化、运动、物质运输、能量转化和信息传递。

线粒体(mitochondrion)普遍存在于真核细胞中，是进行有氧呼吸的主要场所。在有氧呼吸过程中，线粒体能产生大量能量供生命活动所需。线粒体(图 2-2-7)有内外两层膜，内膜向内腔折叠形成嵴(cristae)，这大大增加了内膜的表面积，嵴的周围充满了线粒体基质。在线粒体的内膜上和基质中，有许多与有氧呼吸有关的酶，线粒体基质中还含有少量的DNA分子。



图 2-2-7 线粒体结构模式图及照片

问题与讨论

实验证明,线粒体在细胞内的分布与细胞的能量需求密切相关。我们能推测生物体的哪些细胞中线粒体的含量相对丰富吗?

叶绿体(chloroplast)是绿色植物细胞进行光合作用的场所。叶绿体(图 2-2-8)由内外两层膜、类囊体(thylakoids)和叶绿体基质构成,许多类囊体叠合而成基粒(grana)。类囊体是一种扁平的囊状结构,在类囊体膜上,分布着进行光合作用所需的色素和酶。叶绿体内膜与类囊体之间充满着基质,基质中也含有进行光合作用所需的酶,还含有少量的 DNA 分子。

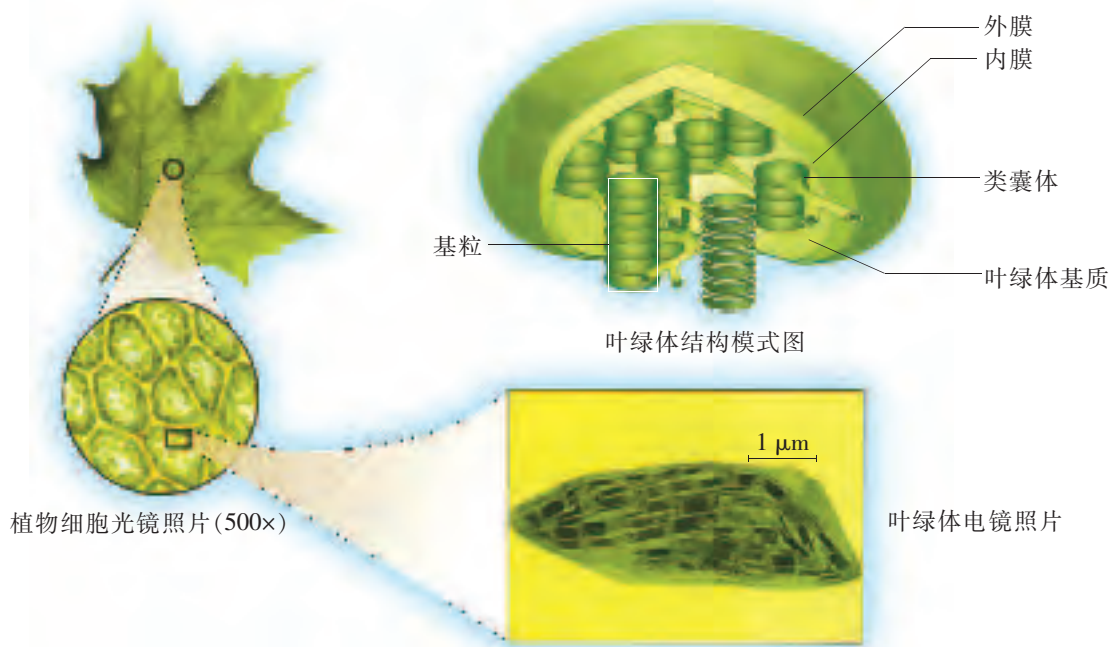


图 2-2-8 叶绿体结构模式图及电镜照片

问题与讨论

在初中生物学课程中,我们已经知道 DNA 是大多数生物的遗传物质。现在知道了线粒体和叶绿体中都含有少量的 DNA 分子。

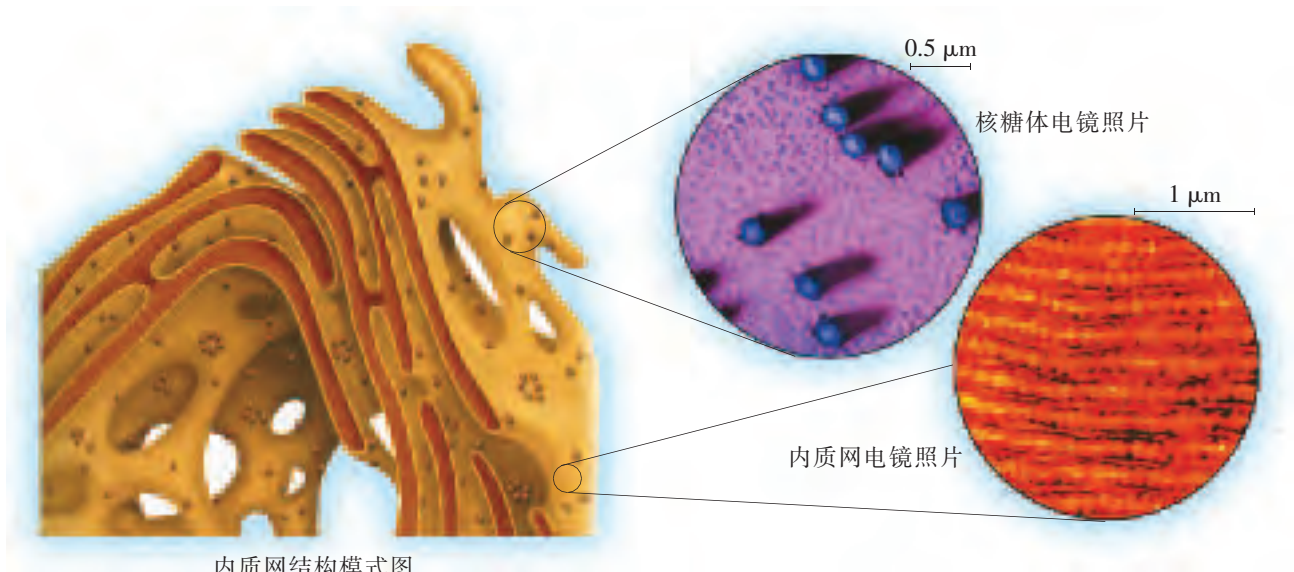
我们能推测线粒体和叶绿体中 DNA 分子的功能吗?

内质网(endoplasmic reticulum)(图 2-2-9)是封闭的网状结构,由管状或扁平囊状单层膜及其包被的腔形成,广泛地分布在细胞质基质内。内质网是进行蛋白质、脂质合成的场所,其膜上附着多种酶。

核糖体(ribosome)是合成蛋白质的细胞器。无论真核细胞还是原核细胞,都含有核糖体,核糖体没有膜包被。在真核细胞中,一些核糖体附着在内质网和核膜上,一些核糖体则游离在细胞质基质中。



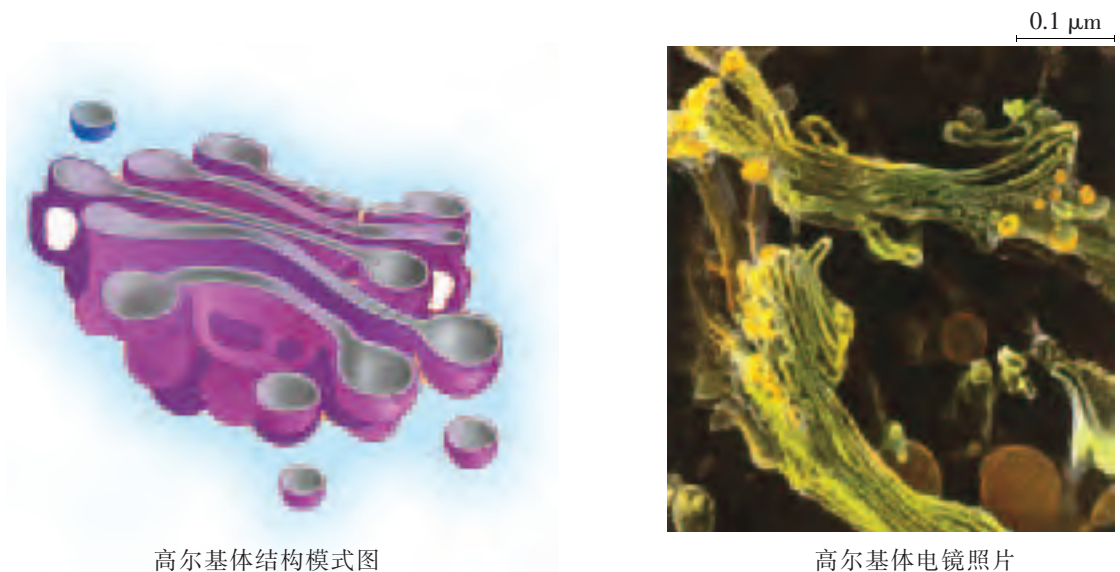
细胞质中既有游离的核糖体,也有附着在内质网和核膜上的核糖体。它们分别具有哪些主要功能?



内质网结构模式图

图 2-2-9 内质网与核糖体结构模式图及电镜照片

高尔基体(Golgi body)(图 2-2-10)普遍存在于真核细胞中,由单层膜形成的扁平囊和囊泡构成。高尔基体一般与细胞分泌物的形成和分泌有关,可以对来自内质网的蛋白质进行进一步的加工和转运,并通常和内质网一起运输细胞内的物质。在植物细胞中,高尔基体还参与细胞壁的形成。



高尔基体结构模式图

高尔基体电镜照片

图 2-2-10 高尔基体结构模式图及电镜照片

中心体(centrosome)由两个相互垂直的中心粒(centriole)及其周围物质构成。中心体一般存在于动物细胞中,与动物细胞的有丝分裂有关。在某些低等植物细胞中,也含有中心体。

液泡(vacuole)在植物细胞中比较明显,是由单层膜包围而成的。在成熟的植物细胞中,液泡甚至可占据整个细胞体积的90%。液泡中的液体称为细胞液(cell sap),其中含有糖类、无机盐和氨基酸等物质,有的还含有色素。液泡参与调节植物细胞的吸水和失水,与细胞形态乃至植株形态的保持有关。

问题与讨论

成熟的西瓜榨汁后成为清甜的饮料,在夏季倍受青睐。有人认为西瓜汁主要成分是细胞液。

我们同意上面的观点吗?为什么?

溶酶体(lysosome)几乎存在于所有的动物细胞中。它由单层膜包围构成,含有多种酸性水解酶。溶酶体能清除细胞内多余的生物大分子、衰老的细胞器,某些细胞内的溶酶体也能清除进入细胞内的病原体等,保障细胞正常的代谢活动。植物细胞内也有与溶酶体功能类似的结构。



边做边学

使用高倍镜观察叶绿体和线粒体

实践:

植物叶肉细胞中常常分布着椭球状的叶绿体。动植物细胞中普遍存在着短棒状或线状的线粒体。

1. 课前将黑藻放在光照充足、温度适宜的条件下,培养 1~2 天。从水中取出黑藻,用镊子从新鲜枝上取一片幼嫩的小叶,将小叶放在载玻片中央的水滴中,盖上盖玻片,制成临时玻片标本。先用低倍镜观察(图 2-2-11),再换高倍镜观察,注意细胞内叶绿体的形态和分布情况,并绘图。

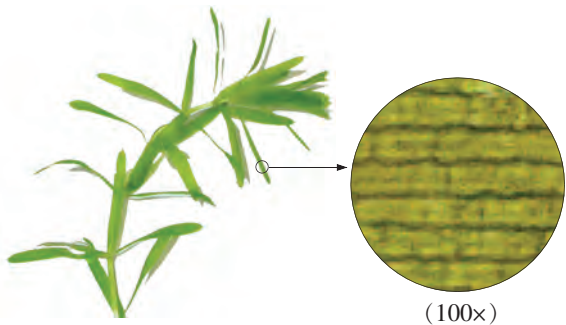


图 2-2-11 黑藻及其在低倍镜下的叶肉细胞

2. 注意观察叶绿体在黑藻细胞内的运动情况。

3. 采用人口腔上皮细胞制作临时玻片标本,并用健那绿染色液染色,观察其中的线粒体。

建议:采用新配制的质量分数为 1% 的健那绿染色液,可以将活细胞中的线粒体染成蓝绿色,而细胞质仍为无色。

4. 选取 2~3 种动植物的组织或细胞,制作临时玻片标本,观察叶绿体或线粒体。

5. 有兴趣的同学也可以用铁苏木精染色的大白鼠胰腺的永久玻片标本观察细胞中的线粒体。

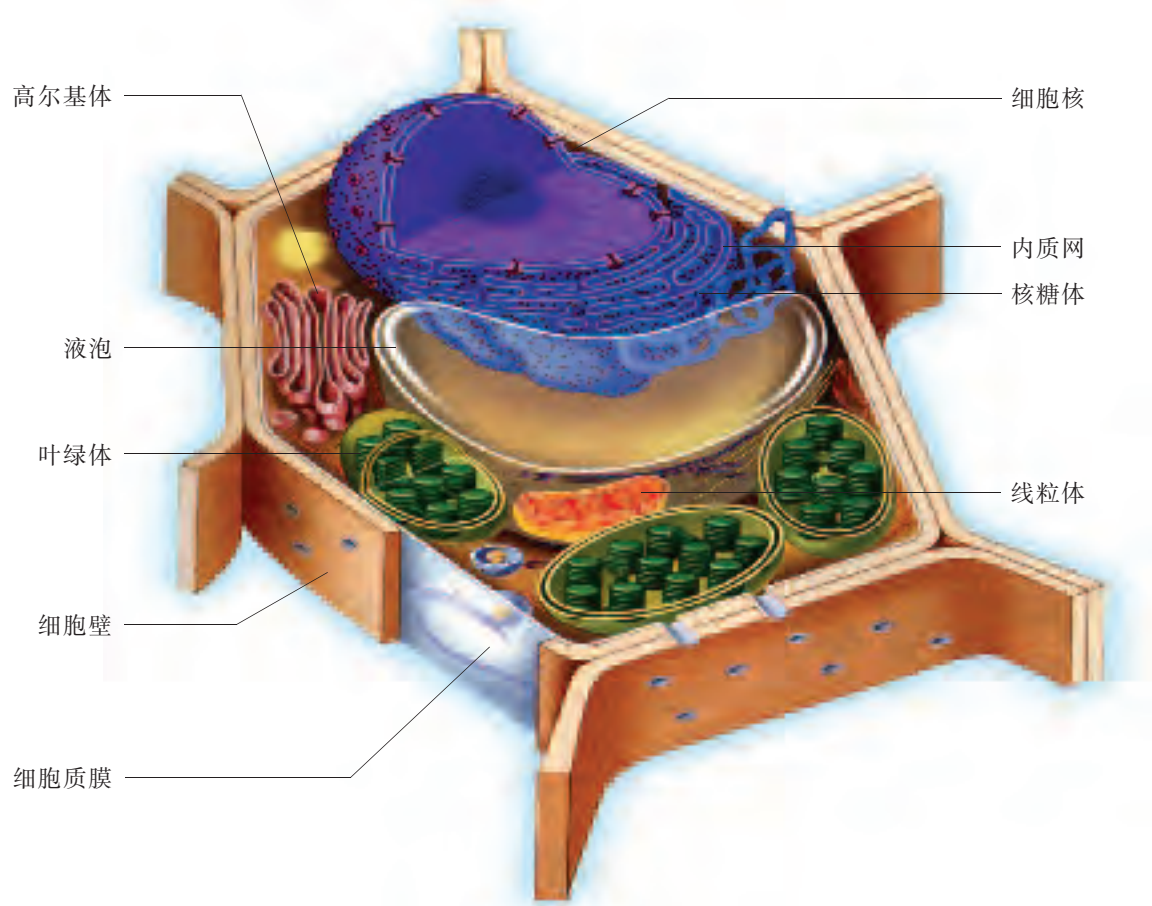
讨论:

1. 黑藻细胞质中的叶绿体为什么会沿着一定的方向运动?

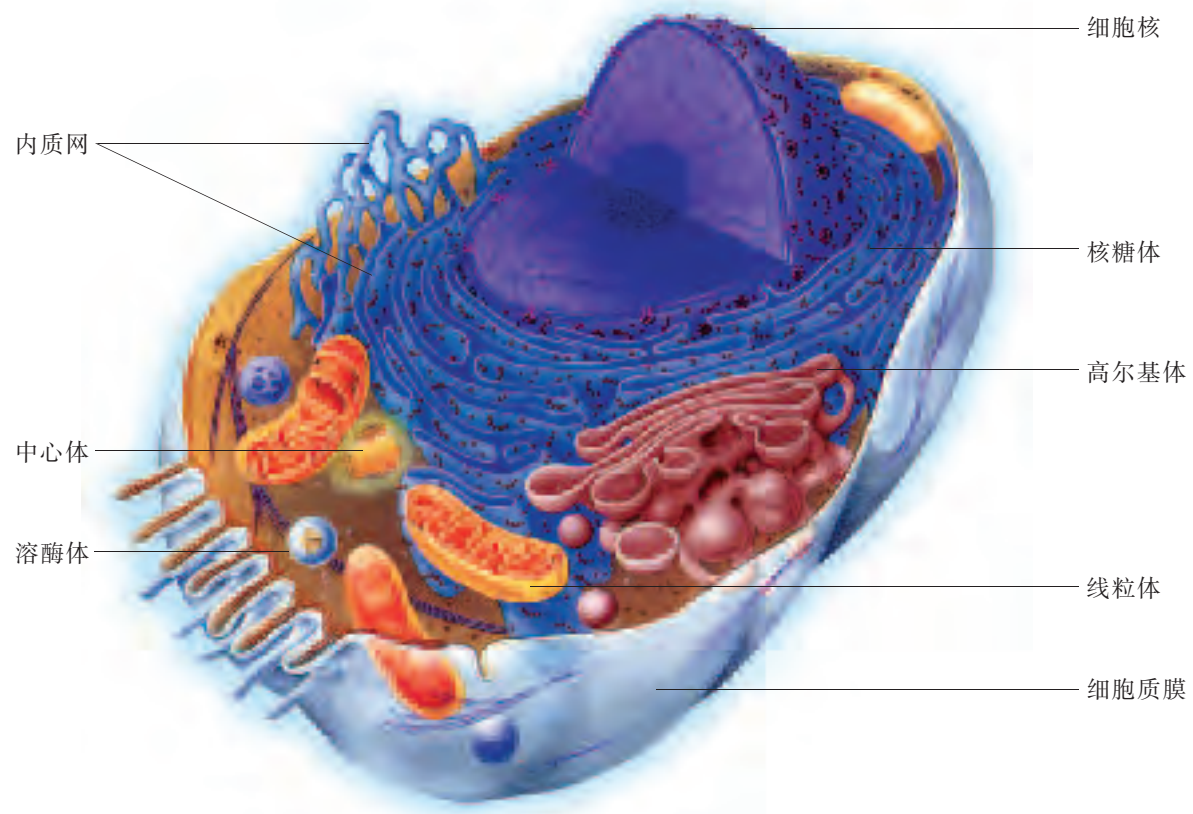
2. 线粒体的形态和分布有什么特点?

3. 如何才能成功地完成上述实验?

黑藻和大白鼠分别是植物和动物,它们的形态结构差别很大。那么,组成它们的细胞差别也很大吗?通过显微镜观察,不难发现,动物细胞和植物细胞的结构(图 2-2-12)基本相似,但存在一定的差异。与植物细胞相比,动物细胞不含叶绿体,没有细胞壁和液泡。而植物细胞一般没有中心体。



植物细胞结构模式图



动物细胞结构模式图

图 2-2-12 植物细胞(上)和动物细胞(下)结构存在一定的差别

遗传信息主要储存在细胞核中

哺乳动物成熟的红细胞和高等植物成熟的筛管细胞是极少数没有细胞核的细胞。除此之外,真核生物的细胞都有细胞核。

细胞核的结构

细胞核的功能与结构有密切关系。在电子显微镜下观察,我们发现细胞核主要由核膜(nuclear membrane)、核孔(nuclear pore)、核仁(nucleolus)、染色质(chromatin)、核基质(nuclear matrix)等组成。染色质主要由 DNA 和蛋白质组成。

核膜有内、外两层,把细胞质和细胞核内的物质隔开,使细胞分为细胞核与细胞质两个结构与功能区域,可以保证细胞的生命活动更加有序地进行。

核孔是细胞核和细胞质之间进行物质交换和信息交流的主要通道。例如,细胞核内外的蛋白质、RNA 等生物大分子是通过核孔进出的(图 2-2-13)。

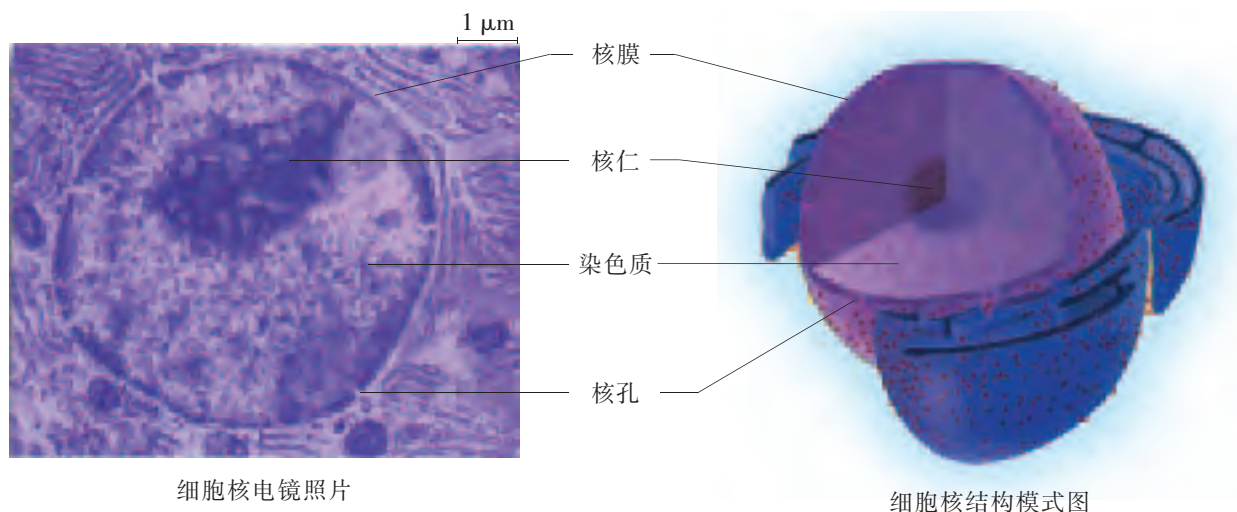


图 2-2-13 动物细胞核电镜照片及结构模式图

核仁是细胞核中球状或椭球状的颗粒结构,没有膜包被。核仁与核糖体中 RNA 的合成、加工以及核糖体的形成有关,所以,在蛋白质合成旺盛的细胞中常有较大的核仁。在细胞分裂过程中,核仁会周期性地消失和重建。

利用甲基绿—派洛宁染色液处理蟾蜍血细胞,发现 RNA 主要分布在细胞质中,DNA 主要分布在细胞核中(图 2-2-14)。

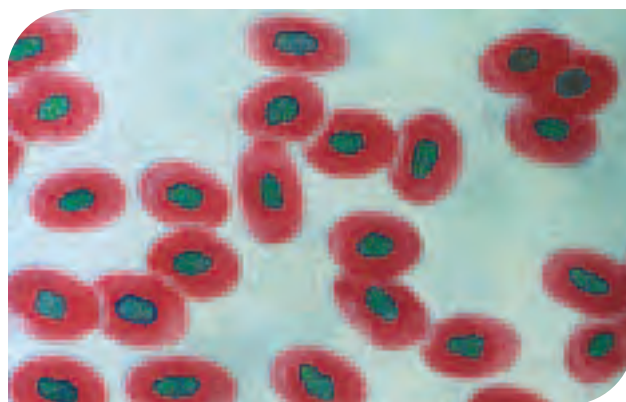


图 2-2-14 蟾蜍血涂片光镜照片 (RNA 显红色,DNA 显绿色)(400×)

知识链接

甲基绿—派洛宁染色液

如果对细胞中 DNA 和 RNA 的分布现象有兴趣,可以按照下列实验方法进行实验。

DNA 和 RNA 两种核酸分子都是生物大分子,但聚合程度有所不同。DNA 聚合程度高,易与甲基绿结合, RNA 聚合程度低,易与派洛宁结合。当派洛宁与甲基绿混合在一起作为染料时,派洛宁与 RNA 选择性结合,显示红色;甲基绿与 DNA 选择性结合,显示绿色。即 RNA 对派洛宁的亲合力大,被染成红色;DNA 对甲基绿的亲合力大,被染成绿色。

甲基绿—派洛宁染色液的配制方法一般为:

A 液:取派洛宁和甲基绿混装粉剂 1 g,溶于蒸馏水并稀释定容至 100 mL,滤纸过滤后放入棕色瓶中备用。

如果没有甲基绿—派洛宁混装粉剂,也可以采用派洛宁粉剂、甲基绿粉剂分别配制染色液。取派洛宁粉剂 5 g,溶于蒸馏水并稀释定容至 100 mL;取甲基绿粉剂 2 g,溶于蒸馏水并稀释定容至 100 mL;再分别取 2 mL 派洛宁溶液、6 mL 甲基绿溶液,加入到 16 mL 蒸馏水中,过滤后装入棕色瓶中备用。

B 液:称取乙酸钠 16.4 g,溶于蒸馏水并稀释定容至 1000 mL;取乙酸 12 mL,用蒸馏水稀释至 1000 mL;再取 30 mL 乙酸钠溶液和 20 mL 乙酸溶液,加入蒸馏水 50 mL,此时配成的是 pH 为 4.8 的溶液。B 液是一种缓冲液。

分别取 A 液 20 mL 和 B 液 80 mL,配制成染色液,现配现用。

在细胞分裂期,丝状染色质经过高度螺旋化等过程可以形成杆状或圆柱状的染色体(chromosome)。染色质和染色体是细胞中同一种物质在不同时期的两种不同形态。

细胞核中还有核基质。核基质包括以蛋白质成分为主的网架结构体系,以及网孔中充满的液体。染色质与核仁存在于核基质中。核基质是细胞核的骨架,与 DNA 复制、基因表达及染色体的组装与构建存在密切关系。

在不同类型的细胞中,细胞核的形态、大小和位置是不同的。细胞核的形态通常是球形,但也有椭球形、扁平形和不规则形。细胞核一般约占细胞总体积的 10%,平均直径为 5~15 μm 。即使同一生物体的不同细胞中,细胞核的形态、大小也可能不同。在细胞的生长发育过程中,细胞核的形态和核中的 DNA 含量也会发生有规律的变化。

一般来说,动物或植物的每个细胞只有一个细胞核,但也有些细胞含有多个细胞核,形成多核细胞,如脊椎动物的骨骼肌细胞(图 2-2-15)。

细胞核是细胞代谢和遗传的调控中心

科学家是通过实验认识细胞核的功能的。例如,科学家先将变形虫分割成两部分,一部分有完整的细胞核,另一部分没有细胞核,再将分割后的两部分分别培养。一段时间后发现,有核的部分能摄取和消化食物,生长到正常大小,并产生新一代变形虫;而无核的部分许多细胞器退化,对外界刺激也不再产生反应,生命活动减弱,不久便死亡。这个实验说明,细胞核可以调控细胞的代谢过程。除此之外,细胞核还有哪些重要功能呢?

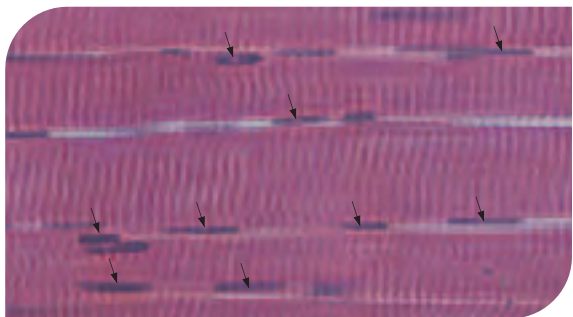


图 2-2-15 每个骨骼肌细胞都含有多个细胞核(箭头所指处)(300 \times)

事实:

伞藻是一类单细胞生物,生活在热带和亚热带的水中。伞藻细胞可分为帽、柄和假根三个部分,细胞核位于基部的假根中。不同类型的伞藻,帽的形态也不同。伞藻凭借假根固着在基质(如浅海岩石)上。

科学家选取了一种有伞形帽的伞藻(甲伞藻)和一种有菊花形帽的伞藻(乙伞藻)进行实验(图 2-2-16):首先分别切除甲伞藻和乙伞藻的帽,然后继续培养它们,结果甲伞藻和乙伞藻的剩余部分分别长出伞形的帽和菊花形的帽,与切除前的形状几乎一样。



伞藻能生长到 2~5 cm 长,还分为帽、柄和假根三部分。为什么人们仍然把它们称为单细胞生物?

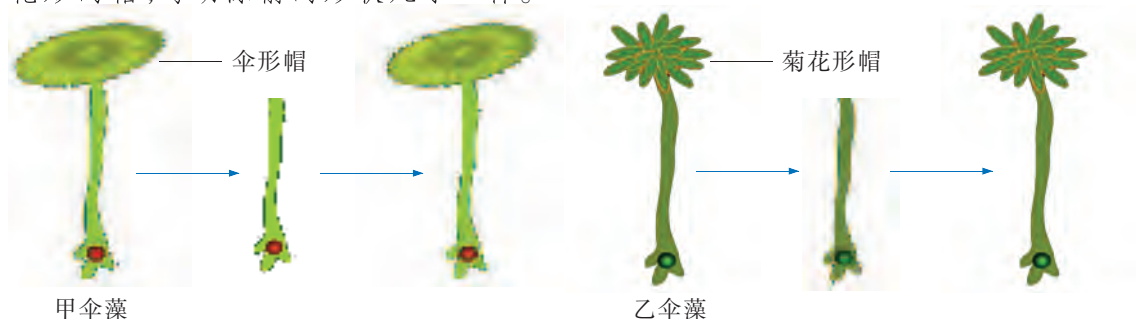


图 2-2-16 伞藻实验一过程示意图

科学家又将甲伞藻的假根(含细胞核)切下,将乙伞藻的柄切下,然后将乙伞藻的柄移植到甲伞藻的假根上,一段时间后,他们发现这一“移植体”竟然长出了伞形的帽(图 2-2-17)。

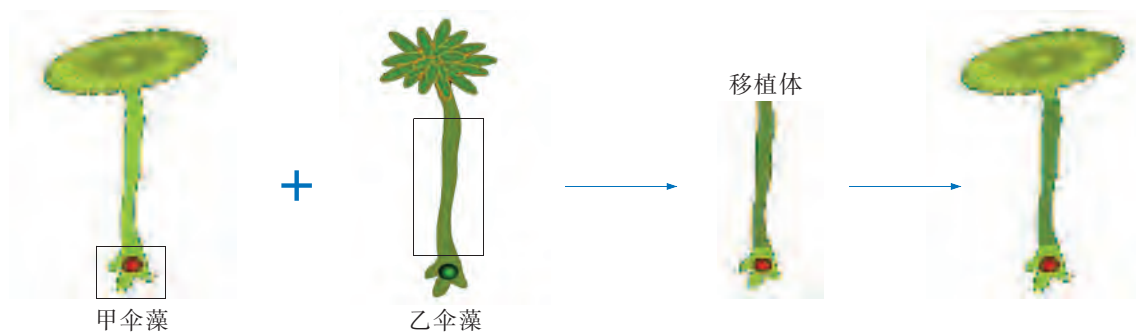


图 2-2-17 伞藻实验二过程示意图

思考:

1. **推理** 将乙伞藻的假根与甲伞藻的柄移植在一起,结果会怎样? 伞藻帽的形态主要是由什么结构或物质控制的?
2. **设计** 如果需要核移植实验证明上述结论,尝试设计具体方案。

以上的事实说明,细胞核不仅控制细胞的代谢过程,也控制生物体的遗传性状,是细胞代谢和遗传的调控中心。



实践:

1. 模型的选择:小组讨论并决定,准备制作动物细胞还是植物细胞的模型。

建议:模型模拟的是被研究事物(原型)的结构形态、生理形态或运动形态,是原型的某个表征和特征,也是对原型的抽象和概括。模型不再包括原型的全部特征,但能体现原型的本质特征。物理模型就是根据相似原理,把真实事物按比例放大或缩小制成的。它可以模拟真实事物的某些功能和性质。生物学中的实物模型(如生物体细胞结构的模型)就是一种物理模型。

2. 模型的制作:

(1) 制作模型前要确定模型的大小、模型内各部分的大小以及它们之间的比例关系。

建议:大多数动植物细胞的平均直径为 $100\ \mu\text{m}$,其中线粒体的平均直径为 $0.5\sim 1.0\ \mu\text{m}$,平均长度为 $1.5\sim 3.0\ \mu\text{m}$;叶绿体的平均直径为 $2\sim 5\ \mu\text{m}$,平均长度为 $5\sim 10\ \mu\text{m}$;细胞核的平均直径一般为 $5\sim 10\ \mu\text{m}$ 。

(2) 确定哪些材料适合用于模型的制作。图 2-2-18 是两位同学用纸板和泡沫塑料等制作的细胞模型,在分析它们的优缺点后,制订模型制作方案。



图 2-2-18 两位同学制作的真核细胞模型

(3) 按照制作方案,分别制作细胞各部分的模型,再将它们组合在一起,最后完成细胞模型的整体制作(图 2-2-19)。

3. 向其他小组展示并介绍本组制作的细胞模型,听取他们的意见,在反思的基础上作出相应的修改。

讨论:

1. 制作细胞的物理模型,要依据哪些原理?我们制作的细胞模型能体现原型的本质特征吗?

2. 通过模型制作,举例说明真核细胞中的各种结构与其功能是如何相互适应的。



图 2-2-19 同学按照方案制作真核细胞模型

细胞各部分结构分工合作

在真核细胞中,内质网、高尔基体、线粒体、叶绿体、溶酶体等,都是由膜包被而成的细胞器,核糖体和中心体则是没有膜的结构。在真核细胞中,细胞质膜、细胞器膜和核膜等膜结构,在组成成分和结构上基本相似,它们都称为生物膜(biomembrane)。细胞中的各种结构不仅能相对独立地完成各自的功能,还在结构和功能上相互联系,协同完成细胞生命活动。

科学家曾经做过这样的实验:在豚鼠胰腺腺泡细胞中注射由 ^3H 标记的亮氨酸,3 min后被标记的亮氨酸出现在附着有核糖体的内质网中,17 min后出现在高尔基体中,117 min后出现在靠近细胞质膜内侧的小泡中,再后来出现在细胞外的分泌物中。进一步研究发现:在活细胞中,内质网膜通过出芽的形式形成囊泡,囊泡离开内质网,转移到高尔基体上,与高尔基体膜融合,囊泡膜成为高尔基体膜的一部分,囊泡中的物质也进入高尔基体;高尔基体膜又突起形成小泡,小泡离开高尔基体,转移到细胞质膜上与细胞质膜融合,成为细胞质膜的一部分,小泡携带的物质最后被释放到细胞质膜的外侧(图2-2-20)。



从结构与功能视角,解释一个细胞中各种生物膜在生理功能上不完全相同的原因。

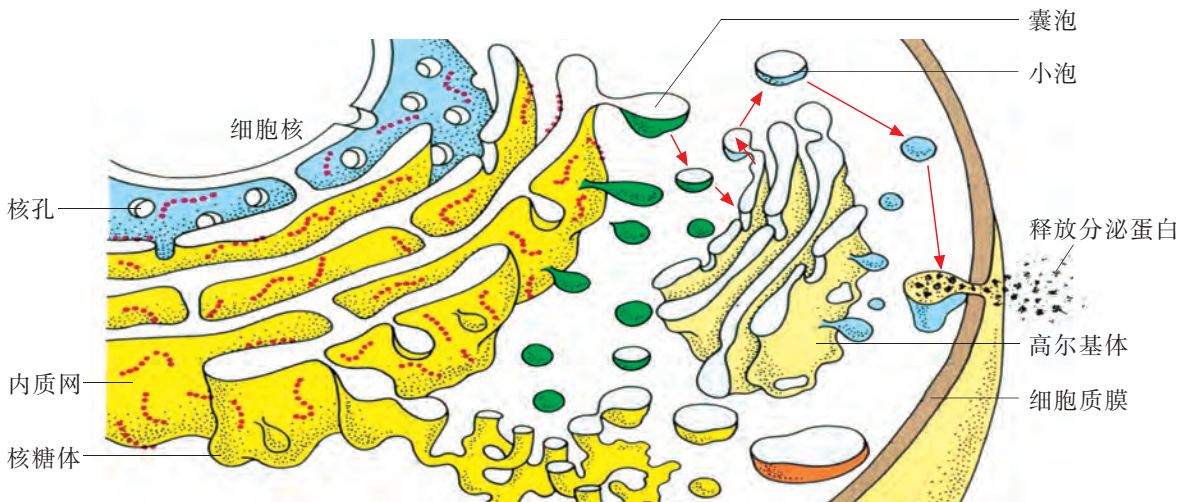


图2-2-20 分泌蛋白的运输和释放过程示意图

研究表明,分泌蛋白的合成最先是在游离的核糖体上进行的。当一段肽链合成后,它们才转移到粗面内质网上继续完成肽链的合成。在上述过程中,细胞消耗的能量主要由线粒体提供。可见,胰腺腺泡细胞分泌蛋白质的功能,是由细胞的各个组成部分构成紧密联系、协调一致的统一整体而共同完成的。

各种细胞器所具有的广阔膜面积为多种酶提供了附着位点,不同的细胞器使多种化学反应被限制在一定空间内而互不干扰,从而保证了细胞内的多种化学反应能同时、高效、有序地进行。

原核细胞和真核细胞的主要区别

自然界中有动物(如龟)、植物(如柳)、真菌(如酵母菌)、原生生物(如草履虫)和细菌(如大肠杆菌)、病毒(如 T2 噬菌体)等多种类型生物。其中,动物、植物、真菌和原生生物的细胞在细胞核结构上和细菌细胞有明显的差异:它们的细胞核有核膜包被,细菌细胞无核膜包被。根据这种差异,通常把细胞分为原核细胞(prokaryotic cell)和真核细胞(eukaryotic cell)。细胞核有无核膜包被是真核细胞区别于原核细胞的重要标志之一。

问题与讨论

动物、植物、真菌和细菌都由细胞组成。而病毒没有细胞结构,也不能独立生活。我们能解释科学家将病毒也归属于生物的原因吗?

原核细胞结构比较简单,环状的 DNA 分子位于细胞内特定的区域,该区域没有核膜包被,也被称为拟核(nucleoid)。细菌(图 2-2-21)和蓝细菌(旧称“蓝藻”)(图 2-2-22)就是由原核细胞构成的,属于原核生物。原核生物一般由单细胞构成。

细菌种类很多,广泛地分布于地球的各个角落。绝大多数细菌是营腐生(metatrophy)或寄生(paratophy)生活的异养生物。人的大肠中常生活有大肠杆菌,体表也常生活有葡萄球菌等。

蓝细菌细胞的直径一般约为 $10\ \mu\text{m}$,比细菌略大,细胞内含有光合色素(藻蓝素和叶绿素),能进行光合作用,是自养生物。一些河流、湖泊、池塘中出现的“水华”现象就与水体中多种蓝细菌的大量繁殖有关。

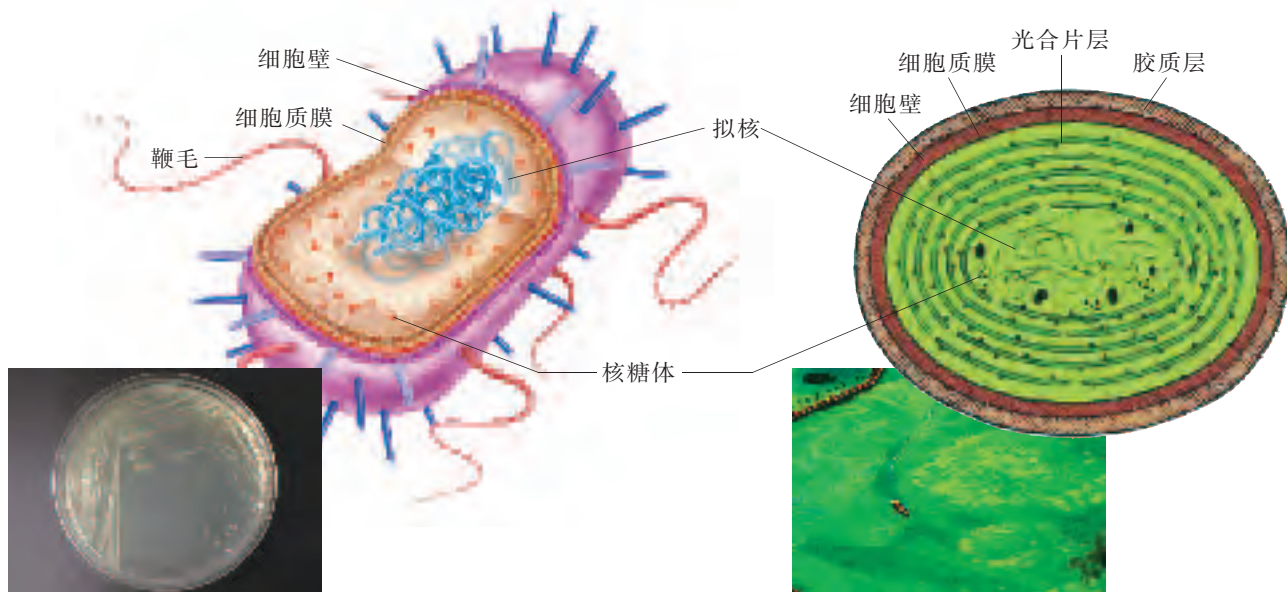


图 2-2-21 细菌菌落及细菌细胞结构模式图

图 2-2-22 “水华”及蓝细菌细胞结构模式图

本节练习

一、思辨题

1. 下列各项中,描述了细胞结构及相关功能的是 ()

- A. 细胞质膜主要是由磷脂分子和蛋白质分子组成的
- B. 细胞核、线粒体、叶绿体都具有两层膜结构
- C. 真核细胞具有生物膜系统而原核细胞没有
- D. 细胞核是细胞代谢和遗传的调控中心

2. 我们观察过人口腔上皮细胞和菠菜叶肉细胞。以这两种细胞为例,分别说明动植物细胞在显微结构和亚显微结构上的主要差别。

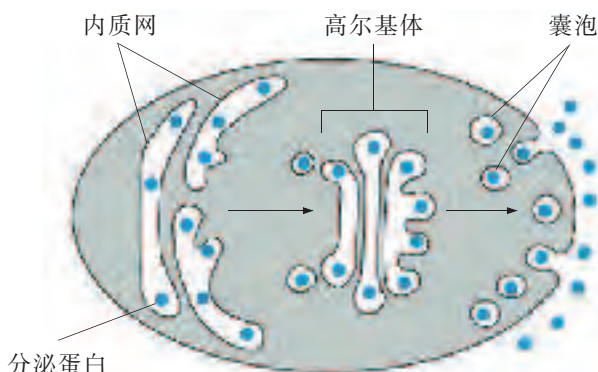
二、应用题

1. 细胞中的各种区室在结构和功能上既相对独立又密切联系,这和细胞中各种生物膜的结构和功能有着直接关系。下图为细胞分泌蛋白质的过程示意图,尝试回答下列问题:

(1) 内质网膜和高尔基体膜上发生的反应各不相同,推测各种膜在结构上类似而在功能上千差万别的原因。

(2) 细胞中各种膜的结构是否是静止的?根据图中所示过程加以说明。

(3) 如果附着在内质网上的核糖体合成的是在溶酶体中发挥功能的蛋白质,尝试推测该蛋白质转运的可能路径。

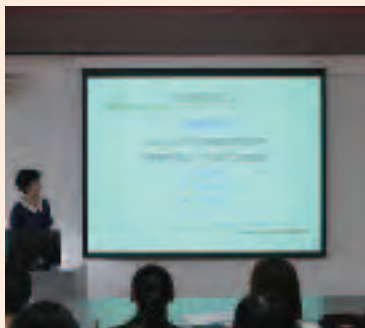


细胞分泌蛋白质过程示意图

2. 细胞分泌蛋白质离不开细胞核与多种细胞器的分工与合作。工业上的精细化生产离不开生产计划和生产流程,每件合格商品的产生得益于各个环节顺利实施和相互间的通力合作。举例说出一种商品的生产过程,尝试与细胞分泌蛋白质的过程进行类比。

3. 溶酶体内的酶为什么不能催化组成自身膜物质的分解?如果不能回答这一问题,可以利用互联网或图书馆搜集相关答案。

走近职业



细胞生物学专业教师在进行学科专业培训

细胞生物学研究工作者

20世纪以来,细胞生物学研究取得了许多重大进展。目前,我国在大学或研究所建有许多细胞生物学实验室,开展细胞生物学课题研究。这些研究人员也承担细胞生物学教学工作。这些工作需要热爱科学研究和教育的年轻人加入。

许多具有细胞生物学博士研究生学历的人在从事细胞生物学研究和教育工作。



如果想要更多地了解本职业的相关情况,可访问我国关于职业介绍网站。

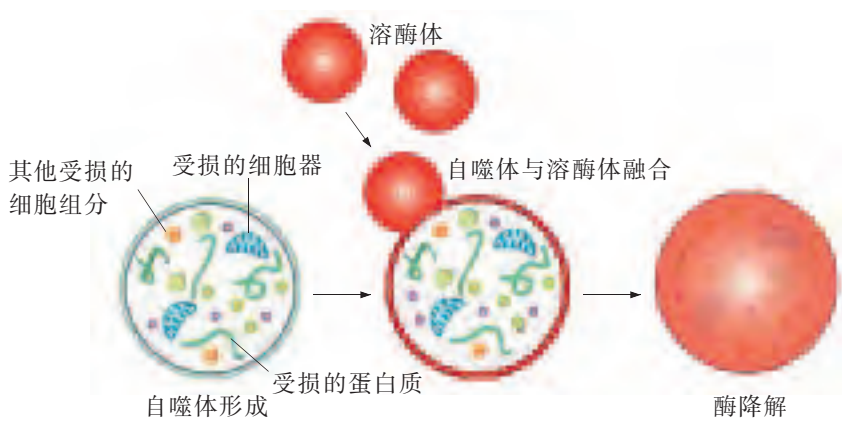
对细胞的认识不断深入



大隅良典

自噬是真核细胞中一种降解和再生细胞组分的基本过程。自噬的概念是20世纪60年代提出来的,当时科学家首次观察到哺乳动物的细胞能够将自身内容物裹入膜结构,形成囊泡,而这种囊泡能够被运输到溶酶体处,并与溶酶体融合,从而降解内容物。这种囊泡后来被称为“自噬体”。

随后的研究发现,酵母细胞中的液泡相当于动物细胞中的溶酶体。那么,酵母中的液泡也有自噬现象吗?20世纪90年代初,日本科学家大隅良典(Yoshinori Ohsumi,1945—)利用面包酵母进行研究,不仅证明酵母中的细胞自噬与液泡有关,还鉴别出对自噬非常重要的关键基因,阐明了酵母细胞中自噬发生的分子机制。大隅良典因此获2016年诺贝尔生理学或医学奖。



自噬发生过程示意图

自噬在细胞水平的多种功能最早是从酵母实验中观察到的。在饥饿环境下,酵母细胞的自噬水平明显提高,这使得酵母能迅速地将无用的蛋白质降解为氨基酸,从而合成细胞生存所必需的蛋白质。在病毒感染过程中,细胞质中的自噬体能包被病毒,并运输至内吞体,进而逐级激

活、引发信号通路,最终诱导细胞产生干扰素和其他抗病毒的细胞因子。

上述成果说明,不断开拓进取是科学研究的推动力。这样的推动力使我们对细胞及相关病变的认识步步深入。



第三节 物质进出细胞的运输方式

我们在初中生物学课程里学过关于植物细胞渗透吸水或失水的知识。渗透吸水或失水是水分子进出细胞的一种方式。当细胞内液体渗透压大于外界溶液的渗透压时,细胞吸水;当细胞内液体渗透压小于外界溶液的渗透压时,细胞失水;当细胞内液体渗透压与外界溶液的渗透压相等,即细胞在等渗溶液中时,进出细胞的水分子处于动态平衡状态。那么,动物细胞的吸水 and 失水情况和植物细胞一样吗?



积极思维

人的红细胞在不同溶液中的形态变化说明了什么?

事实:

如果将正常形态的红细胞置于三种不同渗透压的溶液中,一段时间后会发现它们的形态发生如下变化(图 2-3-1)。

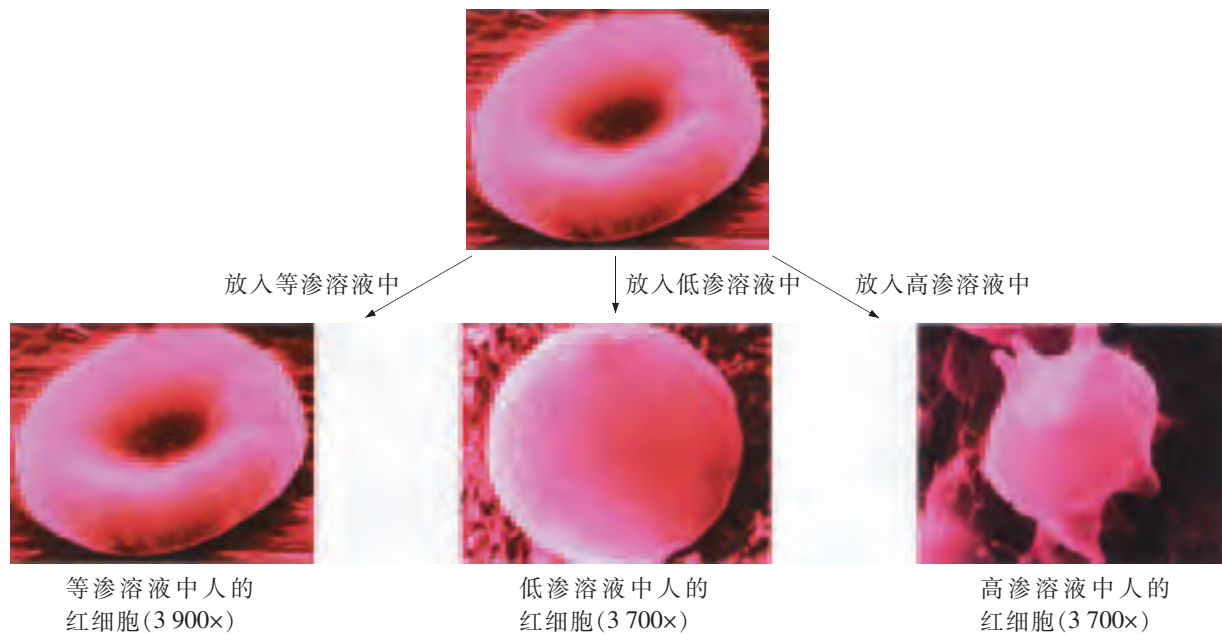


图 2-3-1 人的红细胞在等渗溶液、低渗溶液和高渗溶液中形态的变化

思考:

分析 红细胞形态在渗透压不同的溶液中发生了什么变化? 原因是什么?

上述红细胞吸水或失水后产生的现象,与高等植物细胞吸水或失水后产生的现象有所不同。这与植物和动物细胞的结构特点不同有关。这可以通过进一步实验来证明。

细胞质膜具有选择透过性

植物细胞的质壁分离和复原现象

细胞质膜是细胞与其外环境之间的屏障。这一屏障是如何控制物质进出细胞的呢? 科学家为此研究了植物细胞吸水 and 失水的问题。

科学家设计了一种装置(图 2-3-2), 并用这种装置开展模拟实验揭示了渗透(osmosis)作用的本质。

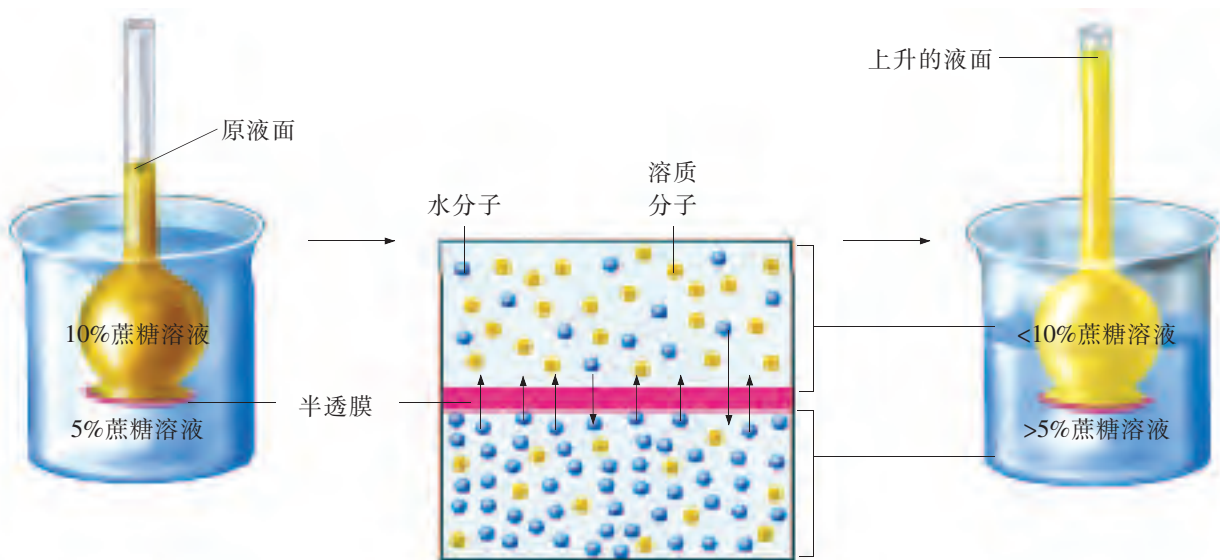


图 2-3-2 渗透示意图

研究发现, 蔗糖分子不能透过半透膜, 而在半透膜两侧的水分子却会从溶质分子相对较少的区域(如质量分数为 5% 的蔗糖溶液)向溶质分子相对较多的区域(如质量分数为 10% 的蔗糖溶液)扩散。像这种对物质进出具有选择作用的膜, 称为选择透过性膜(selective permeability membrane)。

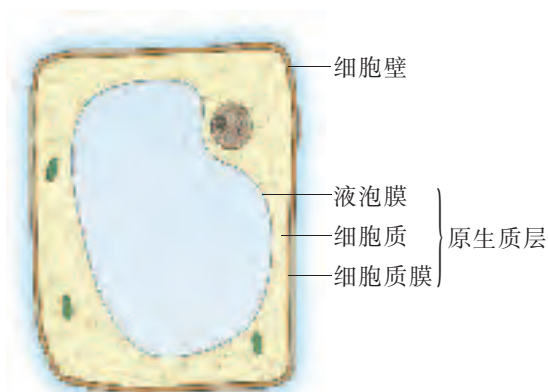


图 2-3-3 原生质层示意图

成熟的植物细胞一般都有液泡, 它与细胞质膜共同作用, 把细胞质挤压成薄薄的一层。细胞质膜和液泡膜以及两层膜之间的细胞质称为原生质层(protoplast layer)(图 2-3-3)。细胞内的液体环境主要是指液泡中的细胞液, 细胞液的渗透压能随外界溶液渗透压的变化而变化。原生质层与半透膜类似, 能选择性地控制物质的进出。当细胞液的渗透压小于外界溶液渗透压时, 细胞液中的水分子会透过原生质层进入外界溶液; 当细胞液的渗透压大于外界溶液渗透压时, 外界溶液中的水分子会透过原生质层进入细胞液。



实践:

1. 制作紫色洋葱鳞片叶外表皮临时玻片标本。用低倍镜观察鳞片叶外表皮细胞,注意紫色大液泡的相对大小和细胞质的分布情况。

2. 在盖玻片一侧滴加质量浓度为 0.3 g/mL 的蔗糖溶液,在另一侧用吸水纸吸引,重复多次,使细胞浸润在蔗糖溶液中。用低倍镜和高倍镜及时观察,注意紫色大液泡的体积变化、细胞质膜的变化(图 2-3-4)。客观地记录实验数据和现象。

3. 像滴加蔗糖溶液一样,在盖玻片一侧滴加清水,在另一侧用吸水纸吸引,重复多次,使细胞浸润在清水中。再用低倍镜和高

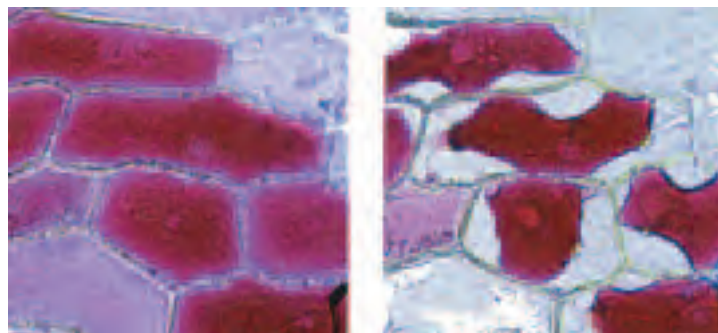


图 2-3-4 洋葱鳞片叶外表皮细胞失水后质壁分离(400 \times)

倍镜及时观察,同样注意紫色大液泡的体积变化以及细胞质膜的变化。

讨论:

在高渗溶液(质量浓度为 0.3 g/mL 的蔗糖溶液)、低渗溶液(清水)中,洋葱鳞片叶外表皮细胞发生了不同的变化,解释其原因。

通过观察发现,当植物细胞的细胞液渗透压小于外界溶液渗透压时,细胞不断失水,就会发生质壁分离(plasmolysis)现象;当已经发生质壁分离的植物细胞处于渗透压小于细胞液渗透压的外界溶液中时,细胞不断吸水,就会发生质壁分离复原(deplasmolysis)现象(图 2-3-5)。

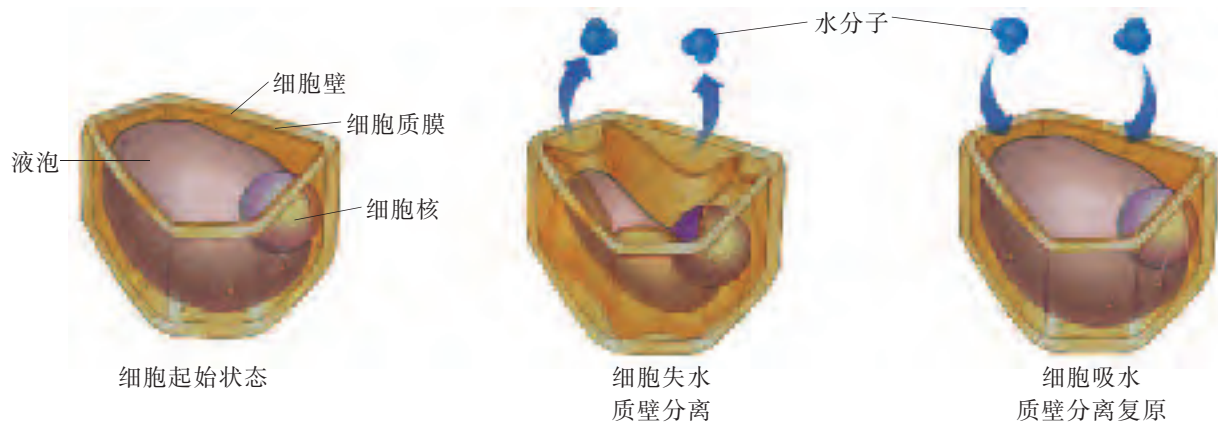


图 2-3-5 质壁分离与复原过程模式图

植物细胞为什么会发生质壁分离与复原现象? 首先,原生质层具有选择透过性,能让水分子自由通过,而蔗糖分子不能通过。其次,细胞液和外界溶液之间的渗透压差,以及原生质层和细胞壁的伸缩性不同,都会影响植物细胞的质壁分离与

复原。在细胞失水过程中,细胞壁和原生质层都会出现一定程度的收缩,但原生质层比细胞壁的伸缩性大,因而随着细胞失水的增多,原生质层就会和细胞壁逐渐分离,发生质壁分离现象。相反,在细胞吸水过程中,已经发生质壁分离的植物细胞会发生质壁分离复原现象。

细胞质膜对不同物质的通透性不同

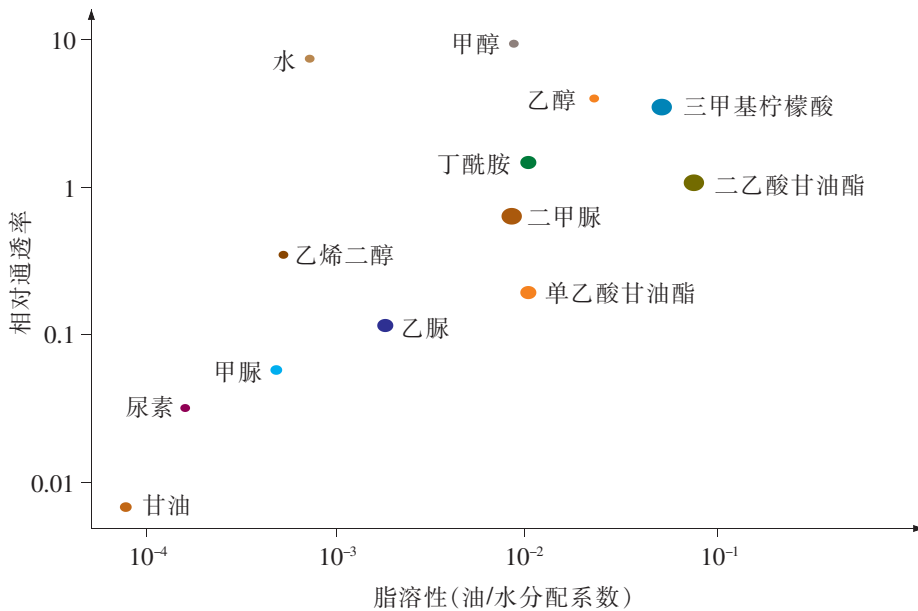
19世纪末,一位科学家将植物细胞放在高浓度的蔗糖溶液中,很快就在显微镜下观察到了质壁分离现象,而将蔗糖溶液换成乙醇后,却观察不到质壁分离现象。他据此推理得出,乙醇能很快扩散进入细胞,导致细胞内外浓度相等,因此观察不到质壁分离现象。后来,他又用含有不同物质的浓溶液重复这一实验,得出结论:细胞质膜对不同物质有不同的通透性。

知识链接

细胞质膜对不同物质有不同的通透性

在研究了细胞质膜对许多物质(如水、尿素、甲脞、甘油)的通透性后,科学家发现脂溶性(用油/水分配系数表示,它反映物质在油水两相中的分配情

况。系数越大,说明物质越亲油,即脂溶性强;系数越小,越亲水,即水溶性强)越强的物质,越容易通过细胞质膜(下图)。



溶质的脂溶性与细胞质膜相对通透率的关系示意图

一般来说,气体分子(如 O₂、CO₂、N₂)、相对分子质量小的不带电的极性分子(如尿素、乙醇)、脂溶性分子等容易通过细胞质膜;离子(如 Na⁺、K⁺)因与水的结合而脂溶性大大降低;相对分子质量大的不带电的极性分子(如葡萄糖)和各种带电的极性分子都难以自由通过细胞质膜。细胞内的其他细胞器膜和细胞质膜一样,都是选择透过性膜。

被动运输不需要细胞供能

细胞质膜是细胞内外环境之间的一种选择透过性屏障。细胞在从外界摄取营养物质、排出细胞内代谢废物时,各种物质在跨膜运输时各具特点。其中,被动运输(passive transport)有多种方式,主要包括简单扩散(simple diffusion)和协助扩散(facilitated diffusion)。

简单扩散

向一杯清水中滴入一滴红墨水,清澈的水很快就染上了红色。这就是物质的扩散(diffusion)现象。细胞质膜是选择透过性膜(也称为半透膜),当物质通过细胞质膜进出细胞时,会顺着浓度梯度从高浓度一侧向低浓度一侧移动,像这样的过程称为简单扩散或自由扩散(free diffusion)(图 2-3-6)。简单扩散是单个分子的随机运动,无论在开始时半透膜两侧的浓度差有多大,扩散的趋势都是半透膜两侧的浓度最终达到平衡。在扩散过程中,单个分子跨膜运输不需要细胞代谢供能,但其限制因素是物质的脂溶性、相对分子质量大小、所带电荷的种类和数量。

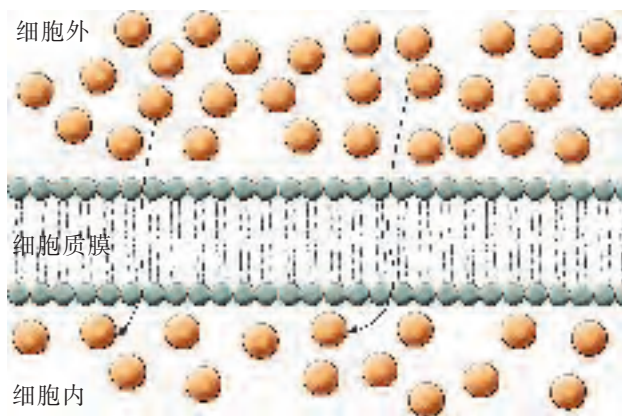


图 2-3-6 简单扩散示意图

实验证明,在水的渗透过程中,水作为溶剂,表现为从溶质分子相对少的部位向溶质分子相对多的部位流动;而在简单扩散过程中,溶质往往是从浓度高的部位向浓度低的部位流动。所以,渗透与扩散是两个不完全相同的物质运动过程。

依赖通道蛋白的协助扩散

一些物质借助于细胞质膜上的通道蛋白,不需要细胞代谢供能,顺浓度梯度进出细胞质膜的被动运输方式(图2-3-7),属于协助扩散。目前,科学家发现的通道蛋白已经超过 100 种,其中主要是离子通道蛋白。它们在生物膜中主要有开与关两种构型,相当于“门”。这种“门”的开与关被不同的因子所诱导。例如,神经细胞的细胞质膜上有离子通道蛋白,它们在神经细胞兴奋的产生和传导中起重要作用。

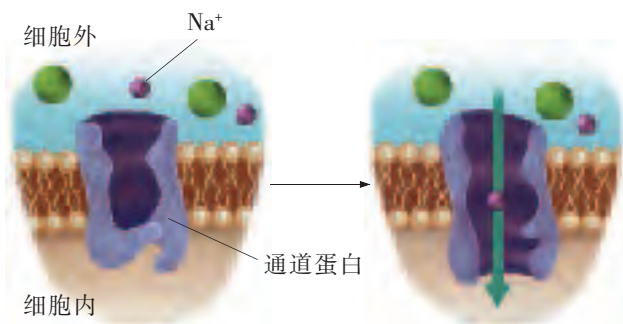


图 2-3-7 钠离子依赖通道蛋白进行协助扩散的示意图

知识链接

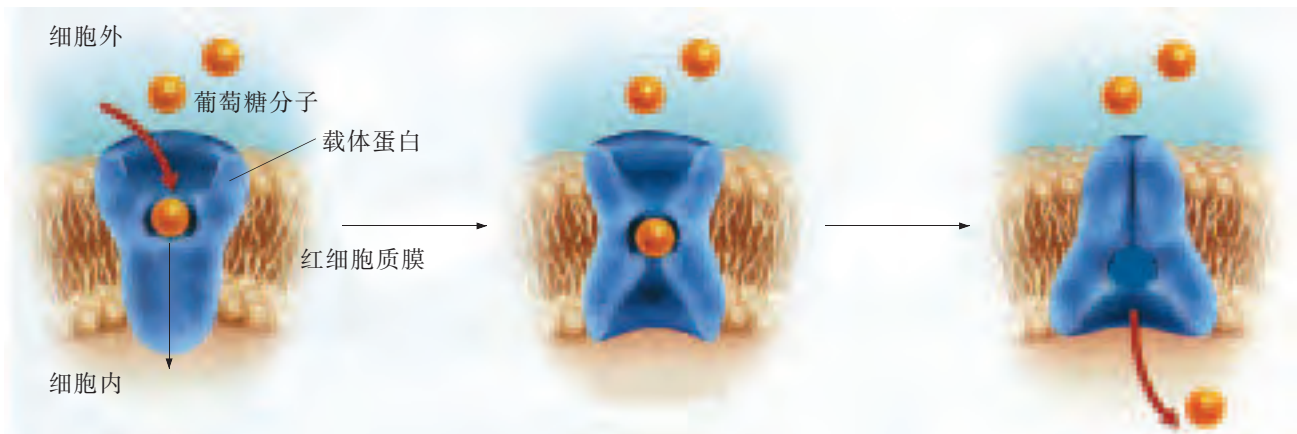
长期以来,科学界普遍认为细胞内外的水分子以简单扩散的方式透过细胞质膜。后来发现在低渗溶液中,某些细胞在很短的时间内对水的通透性较高,这难以简单扩散来解释。例如,红细胞被置于低渗溶液后,很快会因吸水膨胀而出现溶血现

水通道

象。科学家因此推测,水的运输除了简单扩散外,还存在某种特殊的机制。现在已知,人体一些器官的细胞质膜上确实存在水通道,它由水孔蛋白构成。例如,人的肾脏通过水通道对水分进行重新吸收,使尿液浓缩。

依赖载体蛋白的协助扩散

一些物质依赖细胞质膜上的载体蛋白进出细胞,也不需要细胞代谢供能,顺浓度梯度通过细胞质膜,这种被动运输方式也属于协助扩散。与通道蛋白不同的是,载体蛋白先与被运输的离子或分子结合,然后通过自身构象的变化或移动完成物质运输。例如,红细胞质膜上有许多载体蛋白,它们通过构象变化将葡萄糖分子顺浓度梯度从细胞外运输到细胞内(图 2-3-8)。



红细胞质膜上有特定的载体蛋白,它将葡萄糖分子结合位点暴露在红细胞质膜外侧,与葡萄糖分子结合。

与葡萄糖分子结合后,载体蛋白构象改变,将所携带的葡萄糖分子转运到红细胞质膜的内侧。

载体蛋白将葡萄糖分子结合位点暴露在红细胞质膜内侧,携带的葡萄糖分子被释放。

图 2-3-8 葡萄糖分子依赖载体蛋白进行协助扩散的示意图

在依赖载体蛋白的被动运输中,载体蛋白具有高度的特异性,即载体蛋白上的结合位点只与某种或某类溶质(如一种分子或离子)进行暂时性、可逆性的结合和分离,完成物质的被动运输。被动运输将物质顺着浓度梯度从高浓度向低浓度方向运输,其结果是促进细胞内外物质浓度趋同。

主动运输需要细胞供能

同一物质在细胞内外存在一定的浓度差,是维持细胞生命活动的必要条件之一。通过细胞质膜的主动运输(active transport),物质逆浓度梯度进出细胞,这对形成和维持细胞内外物质的浓度差具有特别重要的意义。

在正常情况下，人体红细胞内 K^+ 浓度是血浆 K^+ 浓度的 30 多倍，而红细胞内 Na^+ 浓度仅为血浆 Na^+ 浓度的 1/6，但红细胞仍然不断地吸收 K^+ 和排出 Na^+ ；同样，海带细胞内的碘浓度比周围海水中的碘浓度高得多，但细胞仍能继续吸收碘。像这样，离子或小分子物质逆浓度梯度进出细胞，不仅需要膜上载体蛋白的参与，还需要细胞代谢供能的物质运输方式，称为主动运输。主动运输的方式很多，如依赖 Na^+-K^+ 泵、 Ca^{2+} 泵等载体蛋白进行的物质转运。 Na^+-K^+ 泵是活细胞中由 ATP(供能物质)驱动的将 Na^+ 输出细胞外，同时将 K^+ 输入细胞内的运输泵(图 2-3-9)，是维持细胞内外 K^+ 和 Na^+ 浓度差的结构和功能基础。

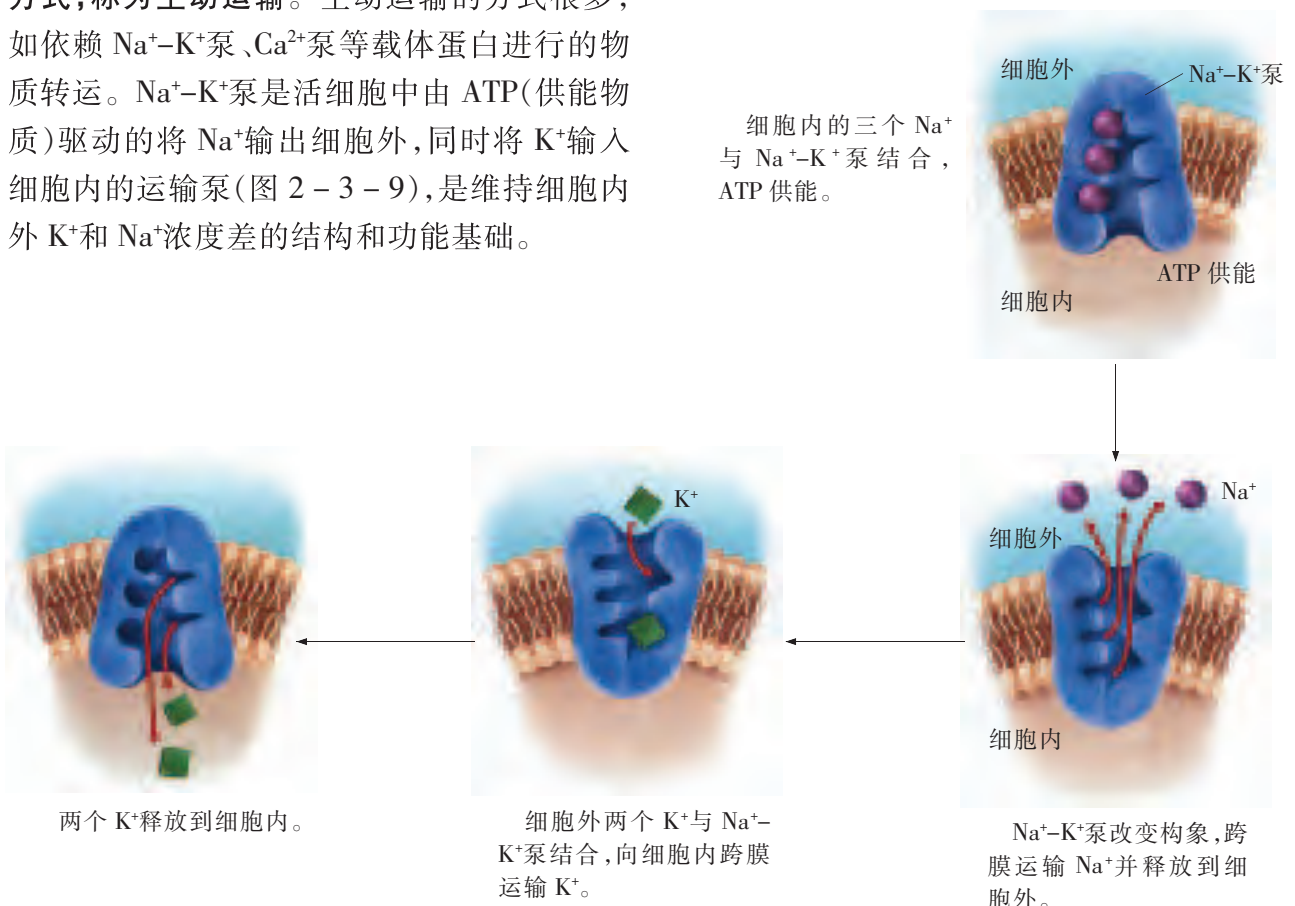


图 2-3-9 Na^+-K^+ 泵跨膜运输 K^+ 和 Na^+ 过程示意图

与依赖载体蛋白的协助扩散相比，物质的主动运输不仅依赖细胞质膜上特定的载体蛋白，还需要细胞代谢供能。主动运输普遍存在于动植物细胞和微生物细胞。例如，植物根尖细胞对无机盐的吸收以主动运输为主，人体摄入的食物经消化形成葡萄糖、氨基酸后，通过主动运输进入小肠绒毛上皮细胞。

主动运输能保证细胞按照生命活动的需要，主动地选择吸收营养物质，排出代谢废物和对细胞有害的物质。因此，主动运输对于活细胞完成各项生命活动具有重要意义。

有人说， Na^+-K^+ 泵在跨膜运输 Na^+ 和 K^+ 时，一定要在逆离子浓度条件下才能进行。这种观点对吗？为什么？

细胞的胞吞和胞吐

真核细胞一般通过胞吞(endocytosis)和胞吐(exocytosis)(图2-3-10)完成蛋白质、多核苷酸、多糖等大分子以及部分颗粒性物质的运输。在运输过程中,由膜构成的囊泡包裹着各种物质。胞吞和胞吐涉及细胞内多种膜的破裂与融合,是一个需要细胞代谢供能的过程。

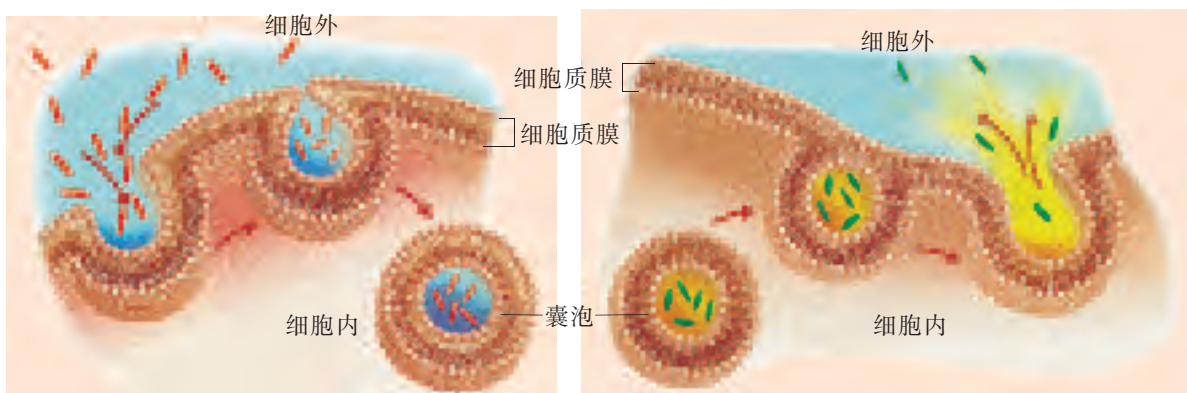


图2-3-10 真核细胞的胞吞(左)和胞吐(右)过程模式图

胞吞是通过质膜的变形运动将细胞外物质转运进细胞的过程。根据物质的大小及其入胞机制的不同,可将胞吞分为吞噬、胞饮两种主要类型。

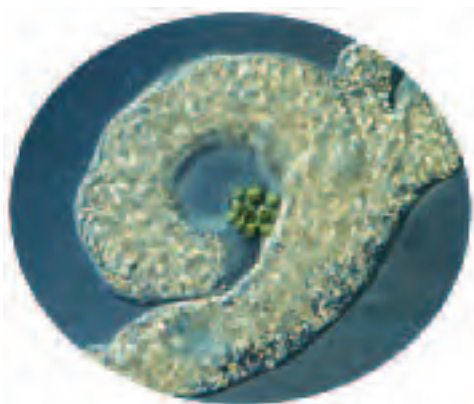


图2-3-11 变形虫吞噬食物(290×)

吞噬是细胞以大囊泡内吞较大固体颗粒的过程。固体颗粒主要是直径大于 $1\mu\text{m}$ 的复合物、微生物、细胞碎片。变形虫通过吞噬过程(图2-3-11)摄取食物。

胞饮是指细胞通过小囊泡将细胞周围的微滴状液体摄入细胞的过程。液滴的直径一般小于 $1\mu\text{m}$,其中常含有离子或小分子。

胞吐一般是指细胞将要外排的大分子形成囊泡,囊泡移动到细胞质膜处并与之结合,再将大分子排出细胞的过程。真核细胞的分泌物(如激素、黏液或消化酶)可储存在细胞中特定的囊泡内,当细胞受到相应信号刺激时,这些囊泡与细胞质膜融合并将内含物释放出去。例如,当人哭泣时,泪腺细胞就通过胞吐排出泪液(含有无机盐、蛋白质等)。

问题与讨论

胞吐是一种正常的生命活动。例如,人体的一些消化液就是通过胞吐方式进入消化道的。

我们还能列举其他胞吐作用的实例吗?

囊泡与细胞质膜融合并通过胞吐释放内含物后,会使质膜表面积增加,而发生在质膜其他区域的胞吞则会减少质膜表面积,质膜表面积的这种动态平衡过程对细胞质膜成分的更新和细胞的生存与生长非常必要。

近年来发现,胞吞参与了细胞信号的传导,还能整合多种信号,在细胞的生长、发育、代谢以及增殖中发挥重要作用。



放眼社会

细胞质膜在医学、工业和农业上的应用

医学方面:人们模拟生物细胞质膜的选择透过性功能合成了血液透析膜。血液透析膜是人工肾工作原理的结构和功能基础(图2-3-12)。当肾病患者的血液流经

人工肾时,血液透析膜能够把血液中的代谢废物滤去,然后让过滤后的血液返回病人体内。这在挽救病人的生命过程中发挥了重要作用。

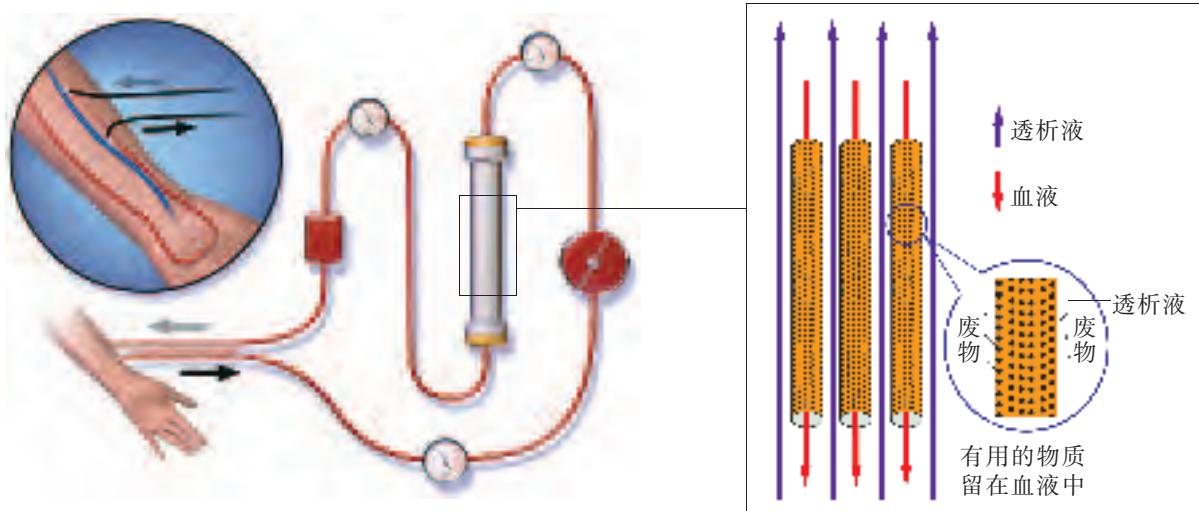


图2-3-12 透析型人工肾工作原理示意图

工业方面:细胞质膜的各种功能已成为人工模拟的对象。人们根据细胞质膜的选择透过性功能,设计膜产品,可滤去海水中的盐分,对海水进行淡化处理;或在处理污水时,有选择地将有毒的重金属离子阻挡在膜的一侧,以降低有毒的重金属离子对水的污染。

农业方面:从细胞质膜的结构和功能角度,人们研究农作物抗寒、抗旱、耐盐的机理,寻找改善农作物品质的新途径。研究发现,抗寒植物的生物膜具有较大的流动性。例如,甘薯(抗寒)与马铃薯(不抗寒)相比,前者线粒体膜的流动性大于后者。



如果想要更多地了解与细胞质膜和物质运输有关的知识,可参考下列资料。

韩贻仁. 分子细胞生物学. 4版. 北京:科学出版社,2016.

第四章 质膜与细胞表面 第五章 质膜与物质进出细胞运输

本节练习

一、思辨题

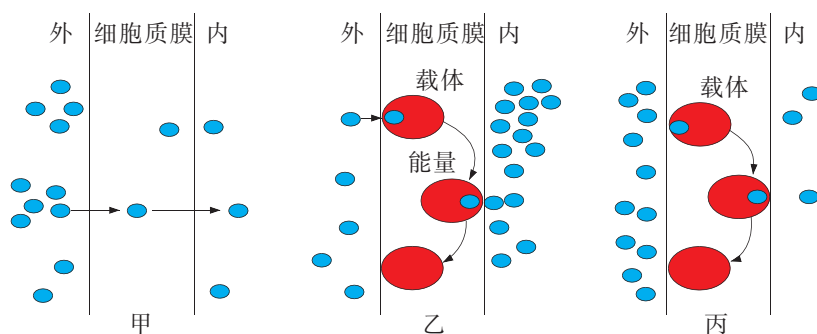
1. 将大小、长势相同的菠菜幼苗平均分为三组,置于不同浓度的 KNO_3 溶液中培养,菠菜幼苗叶细胞会发生什么变化? 实验小组的同学讨论后作出下列描述,正确的是 ()

- A. 在同一浓度 KNO_3 溶液中菠菜幼苗叶细胞的长势相同
- B. KNO_3 是农业生产中常用的化肥,植物细胞只吸收 K^+ 不吸收 NO_3^-
- C. 在不同浓度 KNO_3 溶液中,都可以观察到菠菜幼苗叶细胞发生质壁分离
- D. 菠菜幼苗在不同浓度 KNO_3 溶液中,原生质层都具有选择透过性

2. 活细胞内外各种离子的浓度是不同的。细胞内外某种离子的浓度差异是通过怎样的调节机制形成的呢?

二、应用题

膜分离技术是指在分子水平上大小不同的分子通过半透膜时,能实现有选择分离的技术。这种技术已在工业生产中被广泛应用。细胞质膜对不同物质的透过性不同,下图中甲、乙、丙分别表示三种物质通过细胞质膜进行运输的过程。



三种物质通过细胞质膜进行运输的示意图

(1) 根据上图, 尝试解释洋葱鳞片叶外表皮细胞吸收水、葡萄糖等过程的差异和原因。

(2) 以人体吸收营养物质为例, 阐述各种营养物质分别是以上述哪种方式进出细胞的。

(3) 在海水淡化和污水处理等工业生产中, 膜分离技术被广泛运用。尝试举例说明膜的选择透过性功能。

走近职业



环保工程师正在提取水样以检验水质污染情况

环保工程师

环保工程师在水处理工程中负责主要工作。环保工程师采用生物膜法, 通过好氧微生物及其在载体填料上生长繁殖形成的生物膜, 降解和吸附废水中的有害物质, 使废水得到净化。生物膜法在石油和化学工业的废水处理中也发挥了重要作用。

许多具有污水处理、工程设计方面相关知识和能力的人在从事环保工程师的工作。



如果想要更多地了解本职业的相关情况, 可访问我国关于职业介绍的网站。

一次施肥过多会引起烧苗,这是由于土壤溶液的渗透压突然增高,导致植物根细胞吸水困难或不能吸水甚至失水。盐碱地里大多数农作物不能正常生长的原因之一,就是土壤溶液渗透压过高。

提出问题

洋葱鳞片叶表皮细胞会因为外界溶液渗透压的变化发生质壁分离或复原现象。那么,植物的其他组织或细胞也会发生这样的现象吗?

实验器材和试剂

马铃薯;烧杯、刀片、镊子、天平、木塞钻孔器、保鲜膜;蔗糖溶液、蒸馏水等。

作出假设

假设植物的其他组织或细胞也会因为外界溶液渗透压的变化发生质壁分离或复原现象。

设计与实施实验

1. 根据洋葱鳞片叶外表皮细胞渗透实验的思路、器材、方法等,设计实验方案。

建议:能否借鉴下列设计方案,设计自己的实验方案?

(1) 在三个烧杯中,一个加入 50 mL 蒸馏水,另外两个分别加入 50 mL 质量分数为 10%、20%的蔗糖溶液。

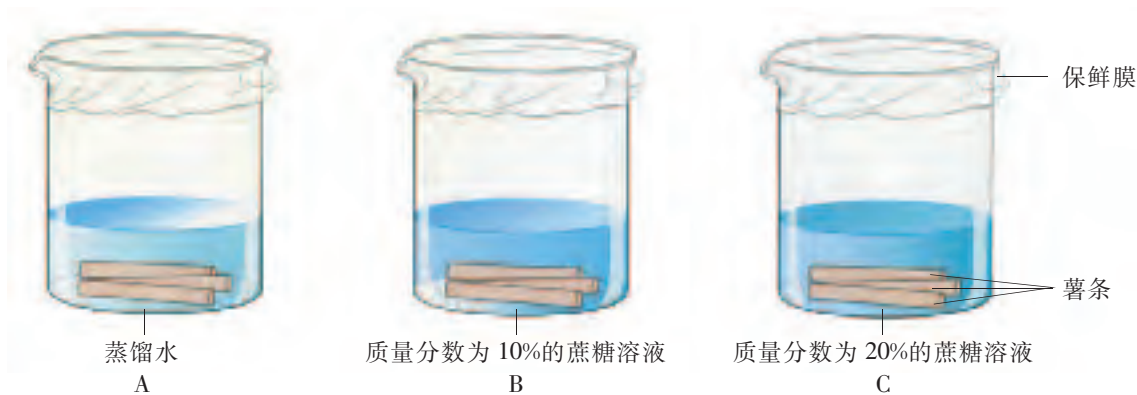
(2) 用木塞钻孔器从马铃薯块茎中钻出 9 根薯条,然后把每根薯条切成 5 cm 长。注意薯条上应没有薯皮。



安全使用刀具和玻璃器皿!

(3) 用纸巾轻轻吸去薯条表面的液体后,用天平称量每根薯条的质量,并记录下来。

(4) 在每个烧杯中分别放入三根薯条,用保鲜膜密封烧杯,静置 1 h。



实验方案示意图

(5) 用镊子取出薯条,用纸巾轻轻吸去薯条表面的液体,然后立即用天平称量薯条的质量,并记录下来。

(6) 计算各烧杯中薯条质量发生变化的百分率的平均值,分析薯条质量发生变化的原因。

2. 参照上述方案,确定具体的实验步骤。

结果与分析

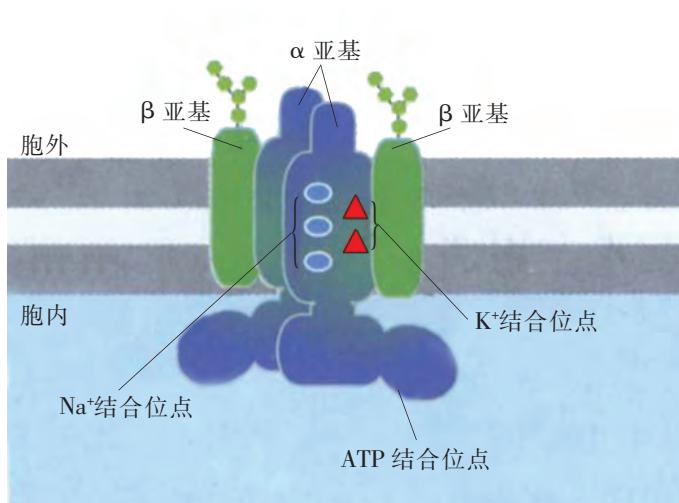
蒸馏水中的薯条变重,说明细胞吸水。在质量分数为 10%的蔗糖溶液中,薯条质量变化不大,说明细胞吸水量和失水量相当。在质量分数为 20%的蔗糖溶液中,薯条变轻,说明细胞失水。

细胞吸水和失水与细胞外溶液的渗透压大小有关。

Na⁺-K⁺泵

Na⁺-K⁺泵是负责 Na⁺、K⁺跨膜运输的离子泵。Na⁺-K⁺泵又称为 Na⁺-K⁺ATP 酶,位于动物细胞的质膜上,由两个 α 亚基和两个 β 亚基组成四聚体(左下图),β 亚基是糖基化的多肽,不直接参与跨膜运输。

在内侧的 α 亚基与 Na⁺相结合,促进 α 亚基上的一个天冬氨酸残基接受 ATP 分子中的一个磷酸基团,发生磷酸化,引起 α 亚基的构象发生变化,将 Na⁺泵出细胞,同时细胞外的 K⁺与 α 亚基的相应位点结合,α 亚基的构象再度发生变化,将 K⁺泵入细胞,完成整个循环。Na⁺依赖性的磷酸化和 K⁺依赖性的去磷酸化引起 Na⁺-K⁺泵的构象发生有序变化,每秒钟可发生 1 000 次左右。



Na⁺-K⁺泵的结构示意图

Na⁺-K⁺泵的每次循环消耗一个 ATP 分子,逆浓度梯度泵出三个 Na⁺、泵入两个 K⁺。这是由 ATP 直接提供能量的主动转运,因为 Na⁺和 K⁺都是逆浓度梯度进行跨膜转运的。

一般的动物细胞要消耗总 ATP 的 1/3 供 Na⁺-K⁺泵工作,以维持细胞内高 K⁺低 Na⁺(细胞外高 Na⁺低 K⁺) 的离子环境。Na⁺-K⁺泵从细胞泵出三个 Na⁺并泵入两个 K⁺,对细胞质膜两侧形成一定的电位差起到重要作用。同时,Na⁺-K⁺泵不断地从细胞排出 Na⁺,避免了水分子大量进入细胞引起细胞膨胀,维持了细胞渗透压的平衡。



本章小结

概念回顾

●细胞有原核细胞和真核细胞两类。原核细胞与真核细胞最大的区别是原核细胞没有由核膜包被的细胞核。真核细胞还具有多种由膜包围的细胞器。

●细胞各部分结构之间相互联系、协调一致,共同执行细胞的各项生命活动。真核细胞的主要结构包括细胞质膜(控制物质进出与信息交流)、细胞核(储存与传递遗传信息)和细胞质(细胞代谢的重要场所)三部分。细胞质中的细胞器结构各异,功能独特,它们的代谢活动是细胞代谢活动的主要组成部分。部分细胞器的主要结构与功能归纳如下:

部分细胞器的主要结构与功能比较

类别	线粒体	叶绿体	内质网	高尔基体	中心体	核糖体
膜结构	双层膜, 内膜形成嵴	双层膜, 内有类囊体	单层膜, 呈网状	单层膜	无	无
主要功能	有氧呼吸的主要场所	光合作用的场所	蛋白质、脂质、糖类的合成场所	蛋白质加工、分泌等	与细胞有丝分裂有关	合成蛋白质

●细胞质膜具有选择透过性。不同物质的跨膜运输方式不尽相同。在被动运输中,水分子顺浓度梯度进出细胞,也不需要细胞代谢供能。在主动运输中,葡萄糖、钠离子等物质逆浓度梯度进出细胞,不仅需要细胞代谢供能,还需要载体。细胞对蛋白质等大分子物质的胞吞和胞吐也要消耗能量。

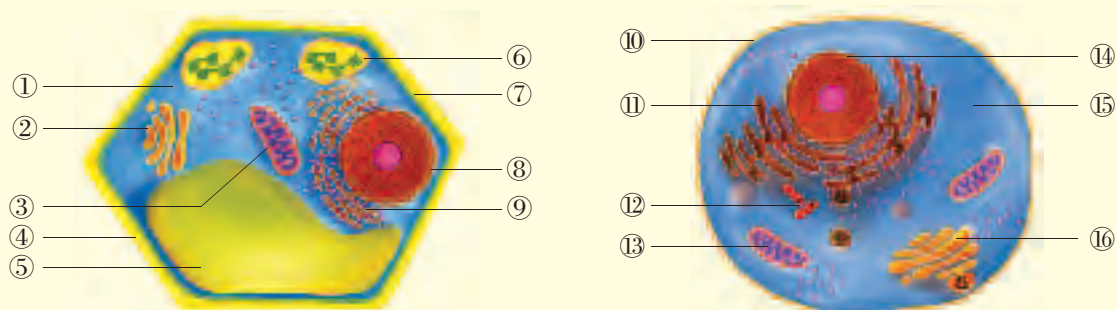
素养提升

●基于观察到的事实(如不同生物细胞具有多种形态而又有相似结构)和相关概念,初步形成结构与功能相适应的生命观念,并能解决生活中与此相关的实际问题,如血液透析膜和污水处理膜等的应用。

●建构并使用细胞模型,阐述细胞各部分结构通过分工与合作,形成相互协调的有机整体,实现细胞水平的各项生命活动。

本章练习

1. 我们在使用光学显微镜观察细胞结构时,会发现下列情形:即使在高倍镜下,无论怎样细心调节,甚至用特殊的染液染色,许多细胞结构仍然不能被清晰观察。针对下图所示的细胞结构模式图,回答有关问题。



细胞结构模式图

- (1) 科学家观察并绘制上图所示的细胞结构,需要使用哪种显微镜?
- (2) 上图所示细胞分别属于哪些生物类群? 在细胞水平上分类的主要依据是什么?
- (3) 比较上图两个细胞,说出图中标号所指的细胞各部分结构的名称,并说明它们在细胞生命活动中的作用。

2. 当科学家开始在细胞水平上研究生命活动时,首先引起他们注意的都是在显微镜下容易被观察到的细胞结构。

(1) 在观察植物细胞之前,能否推理哪些细胞结构不需要通过染色就可以直接观察到? 细胞中的哪些生命活动现象不需要经过特别处理也能够直接观察到?

(2) 在“观察植物细胞的质壁分离和复原现象”的活动中,需要配制一定质量分数的蔗糖溶液。能否采用其他溶液进行实验? 为什么? 这与细胞质膜具有选择透过性有什么关系?

3. 有人认为活细胞的细胞质膜才具有选择透过性。我们能通过探究支持或反对这种观点吗?

(1) 请根据下列实验材料和用具,简要写出下面缺少的实验步骤。

实验材料和用具:新鲜的红色的花(如月季、康乃馨);量筒、烧杯、记号笔;体积分数为15%的盐酸溶液、清水等。

实验步骤:

第一步:选取两只大小相同的烧杯,用标记笔标上 A 和 B。

第二步:

第三步:

(2) 根据实验现象,我们能得出什么结论?



如果想要更多地了解与本章有关的内容,可访问:
植物生理学、生物化学、细胞生物学、生物技术等相关的网站。



小麦在阳光下茁壮成长

第三章

细胞中能量的转换和利用

阳光普照大地,给万物以光与热,万物生存繁衍,地球生机勃勃。人们常用“万物生长靠太阳”来形容阳光的重要性。绿色植物能通过光合作用利用光能制造有机物,而光合作用产生的物质和储存在其中的能量,又维持着地球上各种生物的生存和发展。

那么,绿色植物的光合作用是怎样被发现的呢?光合作用是如何进行的,合成的物质是什么,能量又是以什么形式转换的呢?驱动细胞生命活动的直接能源物质是什么?储存在这些物质中的能量又是如何被各种生命活动所利用的呢?

第一节 生命活动需要酶和能源物质

提到酶制剂,许多人会感到很陌生。其实,酶制剂是酶(enzyme)的提纯制品。酶制剂的用途十分广泛,日常生活中司空见惯的清洁用品如洗涤剂、烹饪调味品如味精,都是运用酶制剂生产的工业化产品。当一个人患病时,医生开出的药品中也会有酶制剂。例如,多酶片是一种酶制剂,它为什么能治疗消化不良症呢?



积极思维

多酶片为什么用于治疗消化不良症?



事实:

1. 在人体消化道中,胃腺分泌胃蛋白酶,胰腺分泌胰蛋白酶、胰脂肪酶和胰淀粉酶,肠腺分泌的肠液中也含有多种酶。
2. 消化系统疾病一般属于常见病。经过诊断,确定患者为消化不良时,医生可能建议患者服用胃蛋白酶片或多酶片。阅读下列某种多酶片的药品说明书(图3-1-1)。

药品说明书

OTC
乙类

请仔细阅读说明书并按说明使用或在药师指导下购买和使用

【药品名称】

通用名称:多酶片

英文名称:Multienzyme Tablets

汉语拼音:Duo Mei Pian

【成分】本品为复方制剂,每片含胰酶 300 mg、胃蛋白酶 13 mg。辅料为蔗糖、药用滑石粉、聚丙烯酸树脂、硬脂酸镁。

【性状】本品为肠溶衣与糖衣的双层包衣片,内层为胰酶,外层为胃蛋白酶。

【作用类别】本品为助消化药类,非处方药。

【适应证】用于消化不良、食欲缺乏。

图 3-1-1 某种多酶片的药品说明书

思考:

1. 思辨 有人说,多酶片可以作为家庭药箱中的常备药品,在胃肠不适时,适量服用。这种观点对吗?如何安全用药?
2. 概括 多酶片的“作用类别”和“适应证”分别是什么?
3. 说明 我们还知道人体哪些疾病的治疗也依赖酶的作用?

从上述活动可以看出,酶与人们日常生活的关系非常密切。想要进一步了解酶与日常生活、生产方面的关系,就需要学习酶的化学本质和特性等内容。

科学家曾为认识酶的化学本质进行了持续的探索。1857年,法国科学家巴斯德(L. Pasteur, 1822—1895)通过观察发酵现象发现,发酵是由微生物引起的,后来他又证实了酒精发酵是由酵母菌引起的。1897年,德国科学家毕希纳(E. Buchner, 1860—1917)通过研磨酵母菌获得提取液,发现提取液也能引起发酵现象。他证明了引起发酵的是酵母菌所含的酶,而不是酵母菌本身。1926年,美国科学家萨姆纳(J.B. Sumner, 1887—1955)从刀豆提取液中分离并提纯了脲酶结晶,并证明脲酶是蛋白质,后来他提出了酶是蛋白质的观点。直到1936年,科学家制取了胃蛋白酶、胰蛋白酶等的结晶后,发现它们也是蛋白质,酶是蛋白质的观念才被确立。20世纪80年代,科学家又发现少数RNA也具有生物催化功能,并把这类RNA称为核酶(ribozyme)。也就是说,能催化生化反应的酶绝大多数是蛋白质。那么,酶的催化作用具有什么特性呢?



边做边学

酶的催化作用具有高效性

实践:

1. 取三支洁净的试管,编号并分别注入3 mL 体积分数为3%的 H_2O_2 溶液。



安全使用药品!

2. 向三支试管中分别滴入等量新鲜的酵母菌液(含过氧化氢酶)、质量分数为5%的 FeCl_3 溶液和蒸馏水。

3. 用棉花塞住试管口,观察并比较三支试管中溶液产生的气泡数量;将带火星的木条分别插入三支试管内,观察木条燃烧的情况。

讨论:

分析上述实验结果,能说明酶具有高效性吗?

由酶催化的化学反应称为酶促反应(enzyme-catalyzed reaction)。在适宜的条件下,酶有很高的催化效率,能使生物体内的化学反应快速进行,即酶的催化作用具有高效性。例如,在细胞代谢中会产生过氧化氢(H_2O_2),而过氧化氢酶能将 H_2O_2 分解,产生 H_2O 和 O_2 ,使细胞免于因 H_2O_2 造成的损伤。实验表明,在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 下,1 mol 过氧化氢酶在1 min 内可催化 5×10^6 mol H_2O_2 分解。酶的催化效率为什么这么高呢?研究表明,酶催化作用的实质是降低化学反应的活化能(activation energy)。

在一定温度下,分子从基态转变为容易发生化学反应的过渡态所需的能量称为活化能。处于过渡态的分子称为活化分子。研究表明,在一个化学反应体系中,活化分子越多,反



1 mol Fe^{3+} 在1 min 内能催化 6×10^4 mol H_2O_2 分解。计算一下,过氧化氢酶的催化效率是 Fe^{3+} 的多少倍?

应速率就越快。因此,设法增加活化分子数量,就能提高反应速率。

使活化分子增多一般有两种途径:一种是不使用催化剂,通过加热或光照等方法,使一部分分子获得能量而成为活化分子;另一种是使用催化剂降低生化反应所需的活化能,活化能越低,活化分子就越多(图 3-1-2)。

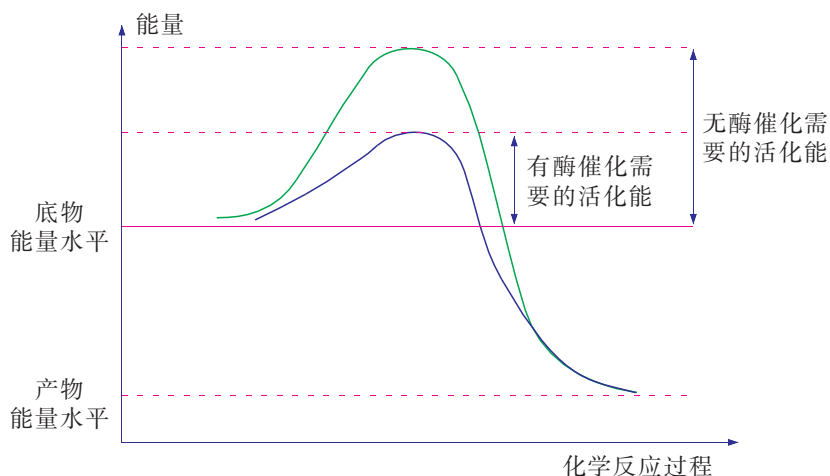


图 3-1-2 酶降低化学反应活化能示意图

酶能降低生化反应所需的活化能,使生化反应在较低能量水平上进行,从而加快生化反应。例如,有人在 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下测定了 H_2O_2 的分解情况,发现不使用催化剂时,需要的活化能为 75.24 kJ/mol ;使用无机催化剂胶态钨时,需要的活化能为 48.9 kJ/mol ;使用过氧化氢酶时,需要的活化能下降到 8.36 kJ/mol 以下。

跨学科视角

无机催化剂催化的化学反应范围比较广。例如,酸既能催化蛋白质水解,也能催化脂肪水解,还能催化淀粉水解。

我们还能从化学视角列举其他实例吗?

酶除了催化作用的高效性外,还具有什么特性呢?

酶和无机催化剂不一样。淀粉酶只能催化淀粉的水解,过氧化氢酶只能催化 H_2O_2 的分解,而这两种酶都不能催化蛋白质或脂肪的水解。一种酶只能催化一种或一类生化反应,这是酶催化作用的专一性。酶催化作用的专一性与酶的活性中心(active site)和底物分子在空间结构上有特殊的匹配关系相关,当酶的活性中心与底物分子结合时,就启动了化学反应。例如,在物质的合成反应(图 3-1-3 A)或分解反应(图 3-1-3 B)中,底物分子与酶的活性中心在空间结构上的互补关系,就像钥匙和锁的关系那样。

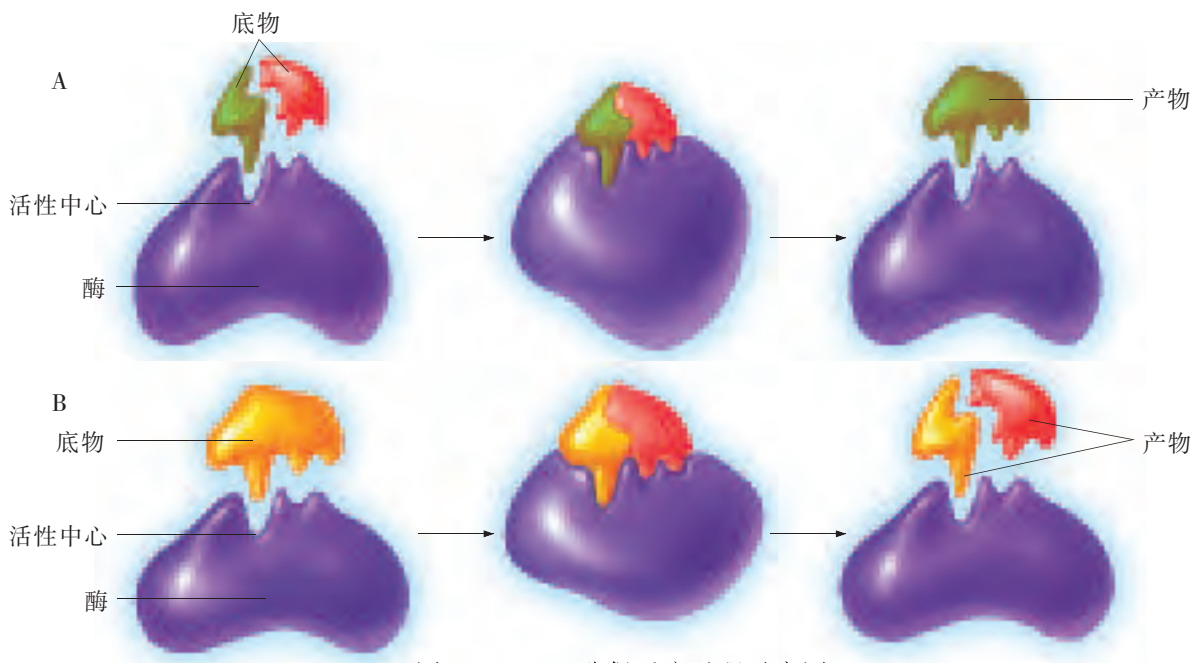


图 3-1-3 酶促反应过程示意图



边做边学

酶的催化作用具有专一性

实践:

1. 准备试管、大烧杯、量筒、温度计、试管架、铁三脚架、石棉网、酒精灯、火柴,新鲜的质量分数为 2% 的淀粉酶溶液、质量分数为 3% 的可溶性淀粉溶液、质量分数为 3% 的蔗糖溶液、斐林试剂。

2. 按照表 3-1-1 进行实验,记录实验结果。



安全使用酒精灯!

建议:还原糖与斐林试剂发生反应生成砖红色沉淀,斐林试剂需现配现用。

表 3-1-1 酶专一性实验的设计

操作顺序	项目	试管号		注意事项
		1	2	
1	可溶性淀粉溶液	2 mL	—	
2	蔗糖溶液	—	2 mL	
3	淀粉酶溶液	2 mL	2 mL	轻轻振荡试管
4	37 °C 下保温时间	5 min	5 min	试管下部入水
5	加入斐林试剂	2 mL	2 mL	
6	水浴加热时间	1 min	1 min	试管下部入水
7	结果			

讨论:

1. 试管 1 和试管 2 中分别有什么现象? 上述实验结果,说明酶具有什么特性?

2. 在这个实验中,淀粉酶只能催化淀粉水解吗? 能否将该实验中的斐林试剂改为碘液?

酶的催化作用通常是在常温、常压下进行的。酶是由活细胞产生的,一般在细胞内、外均具有催化活性。

酶活性是指酶催化生化反应的能力，酶催化作用的效率可以通过酶催化生化反应的速率来衡量。研究表明，酶活性不仅与反应体系中的酶浓度和底物浓度等有密切关系，还受多种环境因素如温度、pH 等的影响。



走进实验室

探究影响酶促反应速率的环境因素

酶是生物体中生化反应的催化剂。酶活性受温度、pH 等外界条件的影响。酶促反应速率可直接反映酶活性的大小。

实验目的

说明影响酶活性的因素。

实验器材和试剂

酵母菌液；滤纸、pH 试纸、温度计、试管、烧杯、酒精灯、计时器； H_2O_2 溶液、葡萄糖、清水等。

实验指导

1. 一个小组同学提交了一份实验报告，他们利用部分实验数据绘制成图 3-1-4，并得出结论：pH 对酶活性有影响。

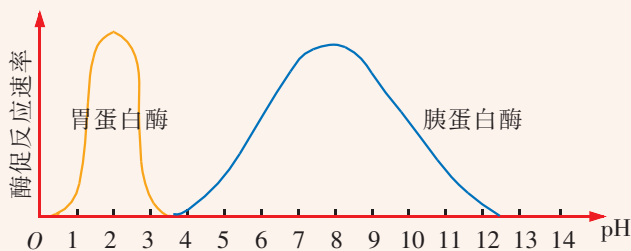


图 3-1-4 pH 对酶活性的影响曲线图

另一个小组同学设计了下列实验方案并实施了实验：

(1) 将若干同样大小(如 1 cm^2)的滤纸片浸入酵母菌液，取出后晾干，滤纸片上附着过氧化氢酶。

(2) 在四只烧杯中盛入体积分数为 2%，pH 分别为 5、7、9、11 的 H_2O_2 溶液(温度相同)，将滤纸片分别放入烧杯中。滤纸片接触液面后会下沉，直至烧杯底部。滤纸片上的 H_2O_2 酶催化 H_2O_2 分解产生 H_2O 和 O_2 ，氧气泡会附着在滤纸片上。随着氧气泡的增多，烧杯底部的滤纸片会逐渐上浮，直至浮出液面(图 3-1-5)。

(3) 及时记录滤纸片从液面下沉到浮出液面所用的时间(t)。以 $1/t$ 为纵坐标(代表酶促反应速率)、pH 为横坐标，绘制曲线图，得出“pH 对酶活性有影响”的结论。

2. 问题与假设：根据上述资料，讨论并提出一个影响酶促反应速率的因素(如温度)的问题，并作出假设。

3. 设计与实验：根据假设，利用推荐器材设计实验方案。按照方案实施实验，注意收集实验数据。

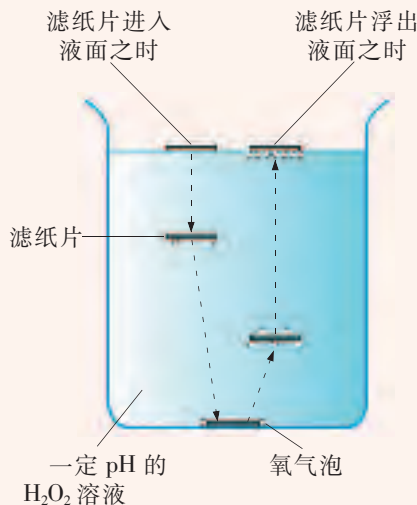


图 3-1-5 一种实验装置示意图



H₂O₂ 溶液会伤害皮肤!

结果与分析

将记录的实验数据用曲线图表示出来,说明外界环境(如温度)是影响酶促反应的因素。

酶活性受到环境中 pH 的影响。酶的适宜 pH 一般在 6~8 之间。酶活性最大时的 pH 称为酶的最适 pH。在过酸或过碱的条件下,酶活性一般会明显降低,甚至会变性失活。

酶活性受温度的影响也较大。在一定的温度范围内,酶活性随着温度的升高而上升,超过一定温度后,酶活性反而下降。酶活性最高时的温度称为酶的最适温度。例如,动物体内酶的最适温度一般为 35~40 ℃,植物体内酶的最适温度一般为 45~50 ℃,微生物体内酶的最适温度差别较大,有的酶可以耐较高的温度。适当升高温度,能加快生化反应速率,但温度过高会使酶变性失活,从而降低生化反应速率。适当降低温度,可以抑制酶活性,降低生化反应速率,但一般不会使酶失活。

生物体内进行的生化反应,虽然种类繁多,但协调有序。底物浓度、产物浓度以及环境条件的改变,都有可能影响酶活性,使生物体中生化反应的有序性遭到破坏,导致生物体内细胞代谢的紊乱与失调。



科学家发现有些酶能耐高温。这类酶在科学研究和生产实践中有什么应用价值呢?



放眼社会

酶与疾病

现代医学研究发现,如果遗传因素或环境因素影响了酶活性,就可能引发疾病,甚至危及生命。许多遗传病的发生与酶有关(表 3-1-2)。某些有机磷农药,如敌百

虫、敌敌畏,能与神经组织中胆碱酯酶的活性中心结合,使酶的活性中心不能与底物互相结合,导致人体出现肌肉震颤、瞳孔缩小、心跳减慢等病理症状。

表 3-1-2 与酶相关的遗传病

疾病名称	缺少的酶
严重复合型免疫缺陷综合征	腺苷脱氨酶
黑尿酸症	黑尿酸氧化酶
半乳糖血症	1-磷酸半乳糖尿苷转移酶
蚕豆病	6-磷酸葡萄糖脱氢酶

酶作为药物已经用于多种疾病的治疗。例如,淀粉酶、蛋白酶用于帮助消化,胰蛋白酶用于化脓性伤口的净化,纤溶酶和尿激酶在血栓治疗中具有重要作用。

当人体患病时,某些酶的活性会出现异

常。这些异常又成为疾病诊断的依据之一。例如,佝偻病患者血清中碱性磷酸酶的活性增高;癌细胞转移扩散时,血清中乳酸脱氢酶的活性增高;甲型病毒性肝炎患者血清中氨基转移酶的活性增高。

ATP 是驱动细胞生命活动的直接能源物质

一切生命活动都需要能量,而能量来自哪里呢?

食物中的糖类、脂肪和蛋白质都富含能量。以糖类为例,大分子糖中有许多碳氢键(C-H)、碳碳键(C-C)和碳氧键(C-O),在酶催化大分子分解为小分子的过程中,会发生能量变化。在有氧参与的情况下,这一过程被称为氧化分解反应。从化学本质上说,细胞内一个葡萄糖分子的氧化分解与木材中一个葡萄糖分子的燃烧一样,释放的能量主要源于葡萄糖分子。所不同的是,木材燃烧时大多数能量以热的形式释放,而细胞内发生氧化分解反应释放的能量中,还有一部分用于产生 ATP (adenosine triphosphate)。ATP 是一种可以为生命活动提供能量的分子。

跨学科视角

糖类、脂肪和蛋白质分子中含有许多共价键,其中的能量可以看做构成这些化学键的电子所拥有的势能。

从化学视角,相同质量的脂肪比糖类所含的能量高。尝试解释原因。

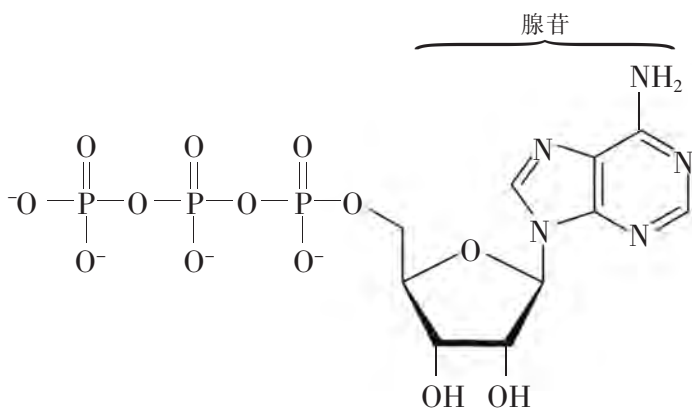


图 3-1-6 ATP 分子结构式

在动植物细胞的物质代谢中,往往伴随能量的转化,ATP (图 3-1-6)则是在能量转化过程中具有枢纽作用的物质。ATP 是腺苷三磷酸的简称。

ATP 分子的结构可以简写成 A-P~P~P。其中,A 代表腺嘌呤核苷(简称腺苷),T 代表三,P 代表磷酸基团,~表示磷酐键。

由于两个相邻的磷酸基团都带负电荷而相互排斥等原因,使得磷酐键容易断裂。ATP 分子末

端的磷酐键断裂后,ATP 转化为 ADP(腺苷二磷酸)和游离的 P_i (HPO_4^{2-})。在这个过程中,ATP 是通过基团转移而不是简单的水解提供能量的,ATP 转移的基团是一个磷酐基 ($-\text{PO}_3^2-$),而不是磷酸基 ($-\text{OPO}_3^-$)。

经过复杂的测算发现,细胞中 ATP 分子的含量是很低的。例如,在人的肌细胞中,ATP 提供的能量只能维持不到 1 s 的激烈运动。那么,如何维持一定时间的激烈运动呢?原来,ATP

在转化为 ADP 和 Pi 并释放能量时,在有关酶的催化作用下,ADP 可以接受能量,同时与一个游离的 Pi 结合,转化为 ATP (图 3-1-7)。

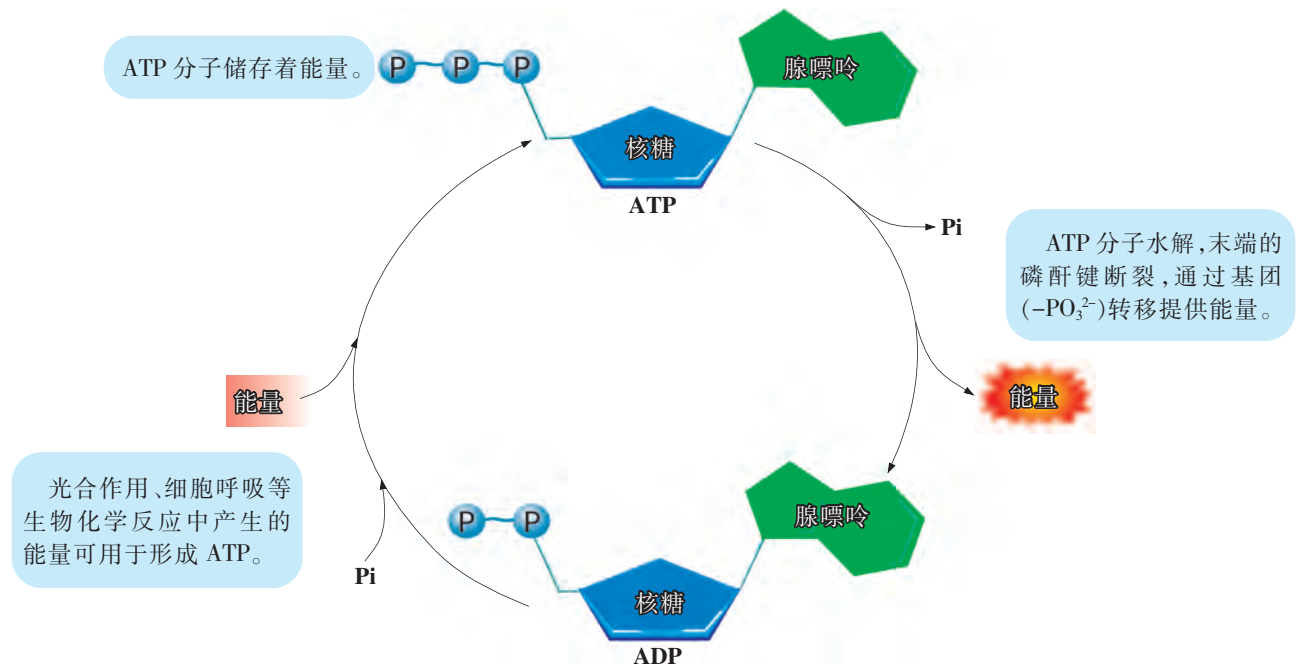


图 3-1-7 ATP 分子与 ADP 分子相互转化示意图

细胞内 ATP 和 ADP 的相互转化,一方面为细胞提供所需的 ATP,另一方面使 ATP 仍然维持相对恒定的水平。这样既能及时且持续地为生命活动提供能量,又能避免能量的浪费。

生物体的许多生命活动,如生长、发育、运动和生殖,都需要消耗能量,而 ATP 是细胞内绝大多数生命活动能够直接利用的能源物质,可以直接为生物体的大多数需能反应提供能量。在生物体的能量代谢中,能量的利用、转化、储存、释放都和 ATP 密切相关。

除了葡萄糖外,细胞内许多物质也储存着能量,如植物细胞中的淀粉、动物细胞中的糖原、广泛储存于多种生物体内的脂肪和蛋白质等有机物。这些物质氧化分解释放的能量,虽然不能直接用于生命活动,但可以用于 ADP 转化为 ATP 的反应并储存在 ATP 中,再通过 ATP 转化为 ADP 的反应满足生物体生命活动对能量的需求。所以,有人形象地把 ATP 比作驱动细胞中各种生命活动的通用能量货币。



细胞中除了 ATP 这种储能磷酸化合物外,还有其他储能磷酸化合物吗?



如果想要更多地了解能量与代谢关系的知识,可参考下列资料。
朱圣庚,徐长法. 生物化学. 4 版. 北京:高等教育出版社,2017.
第十六章 生物能学 三、ATP 与磷酸基转移

本节练习

一、思辨题





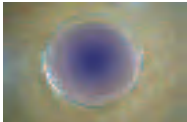
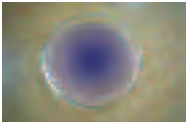


1. 阅读自家卫生间中某些物品的“使用说明”或“成分说明”，能发现酶的“踪影”吗？这些酶在清洁卫生间时发挥着什么作用？

2. 细胞内的 ATP 和 ADP 之间不断发生相互转化。我们能用图示方式表示 ATP 和 ADP 之间相互转化的过程吗？

二、应用题

1. 面包放置过久会长出白色的根霉，俗称面包霉。面包霉是一类真菌，它们和人一样，也能分泌多种消化酶。例如，面包霉能分泌淀粉酶。有人设计了如下图所示的实验：将淀粉加入液态的琼脂中，混合后注入标记为 A、B、C、D 的四个培养皿，再按下表所示加入添加物，在 37℃ 的恒温箱中保温 24 h。

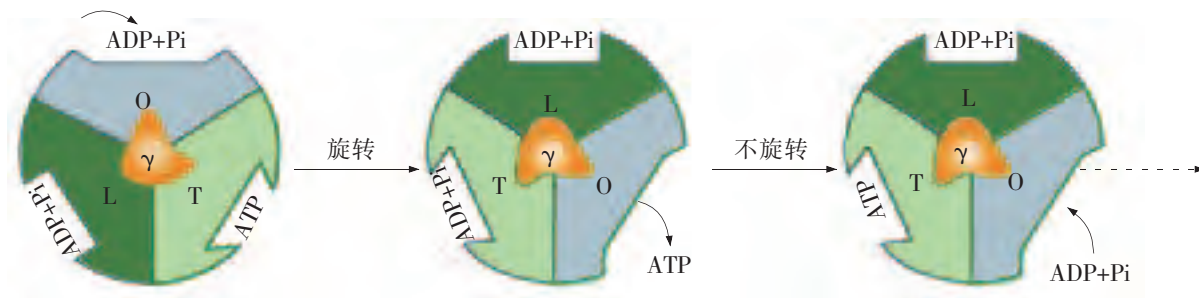
实验记录表

组别	A	B	C	D
实验装置				
添加物	唾液与盐酸	煮沸的唾液	唾液	面包霉
碘液处理后的反应				

(1) 该实验的目的是什么？

(2) 实验的对照组是哪一组？实验变量有哪些？

2. ATP 合酶催化 ATP 合成，ATP 酶则催化 ATP 水解。下图是一种酶的结构和功能的部分示意图。其中，O 代表开放构象，T 代表紧密构象，L 代表松弛构象，三种构象对 ATP、ADP、Pi 的亲和力不同。三种构象的组成结构相同，只是随着 γ 旋转，同一结构相继呈现三种构象。



一种酶的结构和功能的部分示意图

(1) 根据图示内容，归纳和概括这一过程说明了什么。

(2) 有人提出，生物体内能量的释放、利用、转化和储存都是以 ATP 为中心的。说出生命活动中与 ATP 的合成和水解有关的实例，并说明酶在这些过程中是怎样发挥作用的。

“ H_2O_2 酶催化 H_2O_2 分解为 H_2O 和 O_2 ”和“唾液淀粉酶催化淀粉分解为麦芽糖”的实验,都说明酶在物质的分解反应中具有催化作用。那么,酶能不能催化物质的合成反应呢?

植物通过光合作用大量合成葡萄糖时,葡萄糖通常会转化成淀粉储藏起来。科学家发现,很多植物组织中都含有一类酶,可以催化磷酸葡萄糖转化成淀粉。这个例子说明酶在物质的合成反应中也具有催化作用。

提出问题

小组讨论,提出一个问题,如“酶也能催化物质的合成反应吗”。

实验器材和试剂

马铃薯;研钵、离心管、试管、烧杯、酒精灯、点滴板、低速离心机;碘液、蒸馏水、磷酸葡萄糖溶液等。

作出假设

根据提出的问题,作出假设。例如,针对问题“酶也能催化物质的合成反应吗”,作出假设:“酶能催化物质的合成反应”。

设计和实施实验

回顾“唾液淀粉酶催化淀粉水解”的实验,在思考“底物是什么”“产物是什么”“酶在反应中的作用是什么”“实验需要的环境条件是什么”的基础上,设计实验方案。

1. 选取新鲜的马铃薯,制备马铃薯提取液。

(1) 取一小块马铃薯放入研钵,加入 10 mL 蒸馏水,研磨组织,直至磨烂。

(2) 将研磨液加入离心管,再把离心管放入低速离心机离心,去除淀粉。取出离心管后静置一段时间,离心管中的上清液即为马铃薯提取液,其中含有催化磷酸葡萄糖转化成淀粉的酶。

(3) 取一滴上清液加入点滴板的凹穴中,再加入一滴碘液,记录观察到的现象。

(4) 将上清液分成两份,等量注入两支试管,煮沸其中一支试管内的上清液。

2. 取三支试管,按照下表设计进行实验,记录有关数据。

实验设计表

试管	磷酸葡萄糖溶液/mL	蒸馏水/mL	马铃薯提取液/mL	煮沸后的马铃薯提取液/mL
1	1	1	-	-
2	1	-	1	-
3	1	-	-	1

3. 振荡三支试管,分别滴加碘液一滴,观察有什么现象发生。

结果与分析

马铃薯提取液中含有催化磷酸葡萄糖转化成淀粉的酶,说明酶在合成反应中也能起到催化作用。本实验设置了单一变量,也设置了重复实验。这是实验取得成功的重要保证。



加入蒸馏水研磨马铃薯组织

突破传统观念的“核酶”



切赫



奥尔特曼

在 20 世纪 70 年代以前,科学家们普遍认为,具有催化功能的酶都是蛋白质,而核酸只具有携带遗传信息的功能。这一观点被作为一条定论写入了教科书。

1978 年,美国化学家切赫(T.R. Cech,1947—)等在实验中发现四膜虫(单细胞真核生物)细胞中有一种 RNA,在不需要任何蛋白质的情况下,具有自我剪接功能。这说明 RNA 具有生物催化功能,切赫将这种具有催化作用的 RNA 分子命名为核酶。

早在 20 世纪 70 年代,分子生物学家奥尔特曼(S. Altman, 1939—)实验室就发现一种 RNA 与蛋白质的复合物具有生物催化功能,但当时不能确定 RNA 能单独行使催化功能。奥尔特曼实验室持续对这种复合物进行研究,最终确定催化功能只来自 RNA。

当时学术界的权威们难以接受这两位科学家的新观点,但他们认定,尊重客观事实,向定论挑战,是人类进步的重要途径,也是一个科学家必备的素质。核酶的发现开辟了生化研究的崭新领域,突破了酶是蛋白质的传统观念。事实最终证明他们是正确的,两人因此荣获了 1989 年诺贝尔化学奖。

利用核酶进行疾病治疗的研究也取得一定进展。2009 年,科学家在临床实验中用逆转录病毒载体将抗 HIV 核酶导入造血干细胞,然后将造血干细胞注入到 74 名感染 HIV 的患者体内,结果 38 名患者携带了该种疗法所使用的完整拷贝,这些拷贝能特异性破坏靶标 RNA 分子,有效地抑制 HIV 的复制。



第二节 光合作用——光能的捕获和转换

动物会摄取不同类型的食物,以获得生命活动所需的物质和能量。那么,植物是怎样获取自身生命活动所需物质和能量的呢?人们一直对此深感好奇。2 000 多年前,古希腊的亚里士多德认为植物生长在土壤里,土壤是植物生命活动的源泉。但他只是推测,没有实证。后来,一位科学家用实验证明了,植物的生长与水与土壤有关。他是如何设计和实施实验的呢?



积极思维

海尔蒙特的“柳树实验”说明了什么?

事实:

1. 为了研究植物的营养来源,比利时科学家海尔蒙特(V. Helmont, 1580—1644)设计了实验方案,在方案中采用了定量研究的方法。1627年,他实施了这个为期五年的实验,这一实验也被称为“柳树实验”。

2. 在五年中,他只用收集到的雨水给柳树浇水。五年后,柳树苗长成了大柳树,而土壤质量只少了 0.1 kg。实验过程如图 3-2-1 所示。他得出结论:树木只要有水,就能生长发育。

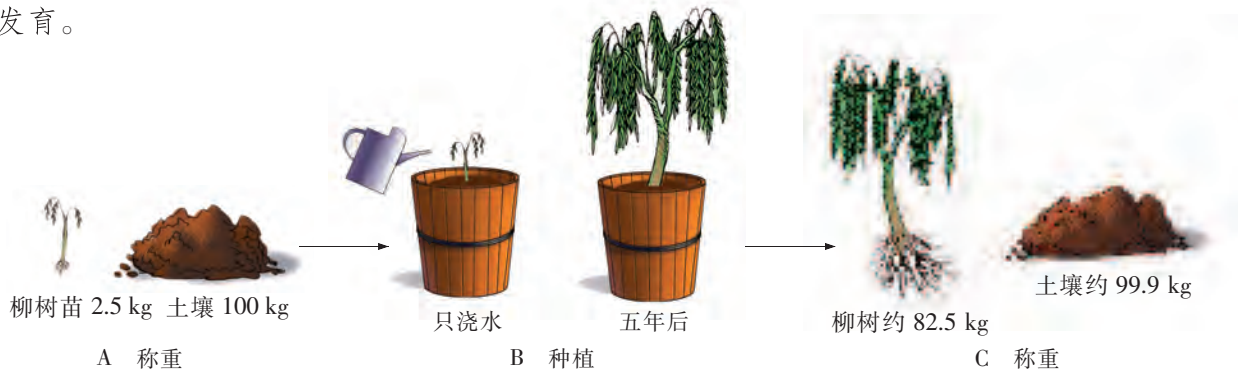


图 3-2-1 海尔蒙特持续五年的“柳树实验”示意图

思考:

1. **判断** 我们认同海尔蒙特关于“柳树实验”的设计和结论吗?

2. **分析** 根据现有的知识分析,土壤中减少的物质主要是什么?大柳树增加的物质主要是什么?这些物质又是从何处来的呢?

其实,海尔蒙特的实验仍有许多不足之处,但这是人们用实验来认识光合作用(photosynthesis)的开始。光合作用的奥秘究竟是如何被科学家揭示的呢?

解开光合作用之谜

在解开光合作用之谜的道路上，海尔蒙特迈出了重要的一步。此后，许多科学家对植物的光合作用进行了不懈的深入探索。直至 20 世纪中叶，植物光合作用的本质才被揭示。

1779 年，荷兰的英格豪斯(J. Ingenhousz, 1730—1799)把带叶的枝条放入水里，发现绿叶只在阳光下产生气体(图 3-2-2)，在黑暗处不产生气体。后来，人们明白了空气的组成后，才确定绿叶在阳光下放出的气体是 O_2 。

1864 年，德国的萨克斯(J. Von Sachs, 1832—1897)将暗处理过的叶片做部分遮光后放在光下，采用碘蒸气处理叶片的方法检测淀粉，确定叶片在光下能产生淀粉(图 3-2-3)。



图 3-2-2 绿叶在光下释放出氧气



图 3-2-3 碘蒸气处理后的叶片

19 世纪 60 年代，俄国科学家通过自己设计的光学仪器发现，叶绿素的吸收光谱与光合作用的作用光谱相吻合，证明了光合作用中利用的光与叶绿素吸收光能有关。

1941 年，美国的鲁宾(S. Ruben)和卡门(M. Kamen)运用同位素标记法，分别向小球藻提供含 ^{18}O 的水和含 ^{18}O 的 CO_2 ，进行了一系列实验，最终证明光合作用释放的 O_2 来自于水。

美国的卡尔文(M. Calvin, 1911—1997)(图 3-2-4)用 ^{14}C 标记 CO_2 ，追踪光合作用中碳元素的行踪，历经 10 年，终于在 1948 年发现 CO_2 被用于合成糖类有机物的途径——卡尔文循环(Calvin cycle)。



图 3-2-4 卡尔文

跨学科视角

同位素是指原子序数相同，而质量数不同的原子。同位素有的具有放射性，有的没有放射性。用放射性同位素标记的化合物在化学性质上不会改变。生物学上常利用放射性同位素标记法研究生物体内发生的反应历程，追踪物质的运行和变化规律。

从化学视角，我们能简要描述鲁宾和卡门以及卡尔文利用同位素标记法的实验方案吗？

叶绿体与光能的捕获

可见光在通过三棱镜时会形成赤、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种颜色的连续光谱。为什么叶片在可见光的照射下多数是绿色的呢？随着显微镜技术的发展和运用，科学家发现这与绿色植物细胞中含有的绿色结构——叶绿体有关。



积极思维

恩格尔曼的实验说明了什么？

事实：

19世纪80年代，科学家恩格尔曼（T.W. Engelmann, 1843—1909）巧妙地设计了一个实验来研究光合作用光谱。他选用水绵作为实验材料。水绵是一种藻类，常生活在淡水中，细胞中有一条或多条螺旋排列的带状叶绿体。

1. 将水绵和能运动的好氧细菌放在一起，制作临时玻片标本，再置于没有空气的黑暗环境中，用极细的光束照射水绵，结果发现：细菌聚集在被光束照射到的叶绿体部位。如果将临时玻片标本置于光下，则好氧细菌的聚集现象消失，它们分布于叶绿体所有的受光部位。

2. 他又用透过三棱镜的光照射临时玻片标本，让不同颜色的光投射到水绵的带状叶绿体上，实验结果是：在红光区和蓝光区的叶绿体部位都聚集了大量的好氧细菌（图3-2-5）。

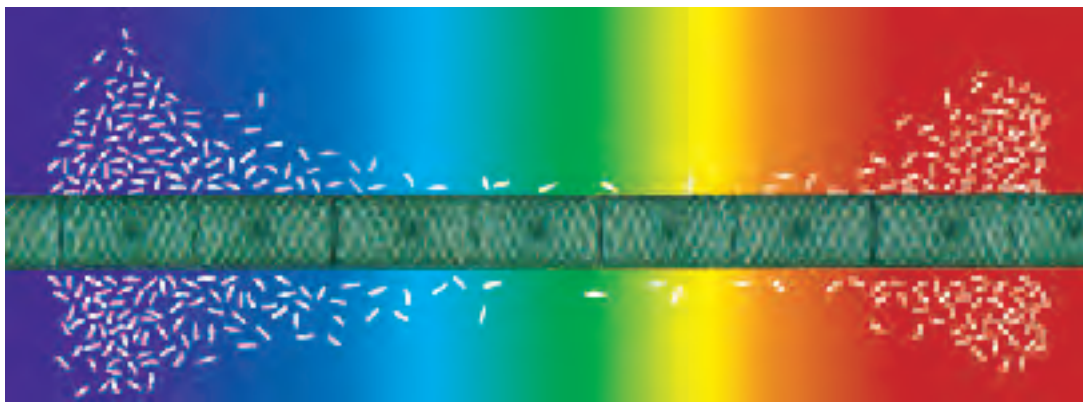


图3-2-5 恩格尔曼的实验结果示意图

思考：

1. **概括** 根据上述实验过程和现象，概括恩格尔曼的实验结论。

2. **分析** 恩格尔曼采用简易器材，成功地实施了实验。分析他在实验设计上的巧妙之处。

恩格尔曼的实验说明，叶绿体中含有能有效地吸收利用红光和蓝光的物质，这些物质吸收的光与绿叶在光下产生氧气有关。

在绿叶细胞的叶绿体中,含有多种能够吸收光能的光合色素(photosynthetic pigment)。根据化学分析,绿色植物叶绿体中所含的光合色素有叶绿素(chlorophyll)和类胡萝卜素(carotenoid)两大类。光合色素能吸收大部分的可见光用于光合作用,但对绿光吸收最少,大部分绿光被反射出来,因而叶片呈现绿色。



边做边学

提取和分离叶绿体中的光合色素

实践:

无水乙醇等有机溶剂能溶解绿叶中的各种光合色素;色素在层析液中的溶解度不同,因而在滤纸上的扩散速度也有差异。

1. 称取 5 g 新鲜的菠菜叶(或其他植物绿叶),剪碎后放入研钵中,加入少许二氧化硅(有助于充分研磨)、碳酸钙(防止叶绿素分子被破坏)和 5 mL 无水乙醇(溶解色素),迅速而充分地研磨。



无水乙醇易燃!

2. 将研磨液过滤到试管中,及时用棉塞塞紧试管口。

3. 取与烧杯高度相等、宽 1 cm 的干燥滤纸条,剪去一端的两个角,并在距离该端大约 1 cm 处用铅笔画一条细线。

4. 用毛细吸管吸取少量滤液,沿铅笔画的细线画一条细而直的滤液细线,吹干后方可在同一位置重复画滤液细线。

5. 将画好滤液细线的滤纸条轻轻地插入盛有 3 mL 层析液的烧杯中,斜靠在烧杯壁上,用培养皿覆盖烧杯。滤液细线不能触及层析液(图 3-2-6)。

6. 几分钟后取出滤纸条,观察滤纸条上色素的分布情况(图 3-2-7)。

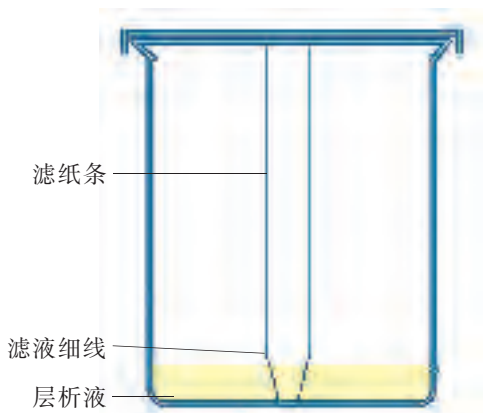


图 3-2-6 层析装置示意图

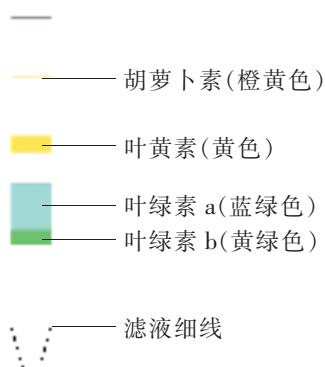


图 3-2-7 光合色素在滤纸条上的分布示意图

讨论:

1. 层析液的作用是什么?
2. 滤纸条上各种色素带的宽度、色素带与滤液细线之间的距离均不同,通过推

理找出原因。

3. 实验所得结果与图 3-2-7 中色素分布情况有差异吗? 尝试分析原因。

现在已知,光合色素分布在叶绿体中的类囊体膜上,叶绿素是光合作用过程中的主要色素。绿色植物的叶绿素又分为叶绿素 a 和叶绿素 b,类胡萝卜素则分为胡萝卜素和叶黄素。通过对色素吸收光谱的测定发现,叶绿素 a 和叶绿素 b 在蓝紫光和红光部分都有吸收峰,但吸收峰的分布略有差别;胡萝卜素和叶黄素的吸收峰相近,它们主要吸收蓝紫光(图 3-2-8)。类胡萝卜素还有保护叶绿素免遭强光伤害的作用。

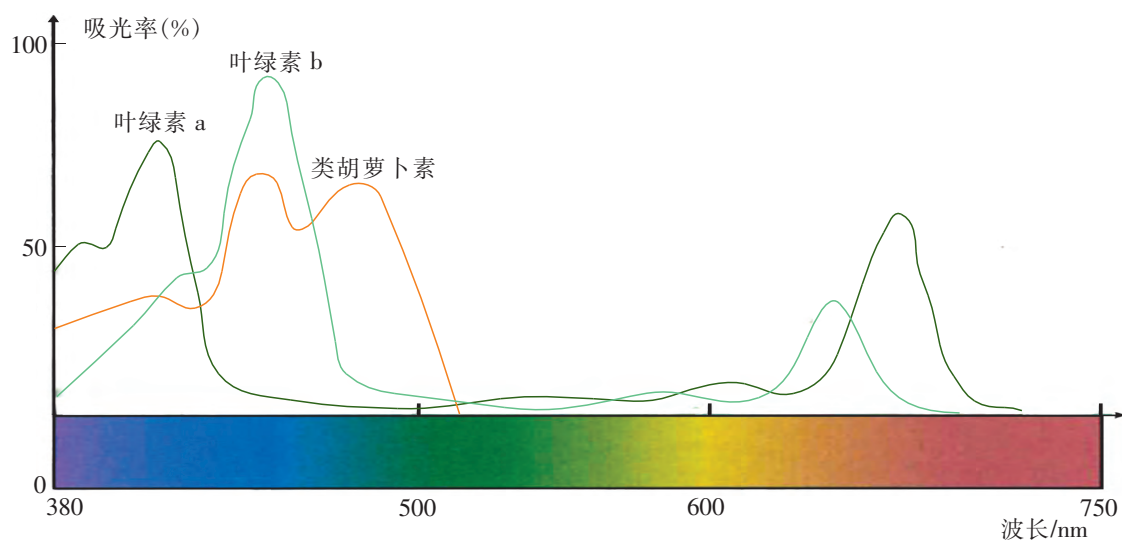


图 3-2-8 叶绿素和类胡萝卜素的吸收光谱曲线图

跨学科视角

太阳光照射到海面上,不同波长的光透过海水的深度是不同的。海洋中常见的藻类有绿藻、褐藻、红藻等。

从物理学视角,我们能分析海洋中这些藻类的分层现象吗?

绿色植物光合作用的过程

1937年,英国科学家希尔(R. Hill)在研磨绿叶后制取叶绿体悬液,并向悬液中加入草酸铁,经过光照后发现, Fe^{3+} 被还原为 Fe^{2+} ,同时离体的叶绿体释放出了氧气。这个实验一定程度上证明了光合作用在叶绿体中进行,也使光合作用的研究从器官(叶片)水平进入到了细胞器(叶绿体)水平。

在绿色植物细胞中,叶绿体因含有叶绿素,与相对透明的细胞质之间呈现较大的反差;叶绿体体积较大,借助普通光学显微镜即可观察,因此,叶绿体是最容易观察到的细胞器。细胞内的叶绿体一般分布在细胞质膜与液泡之间的细胞质中,

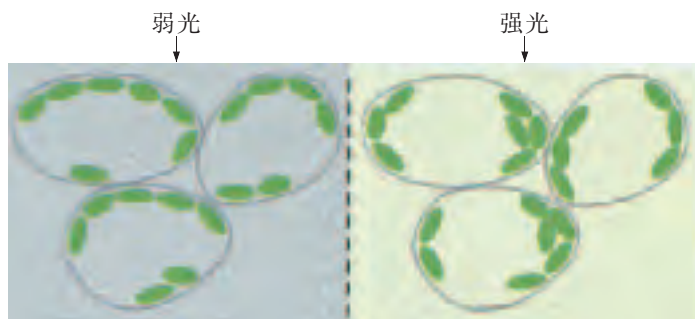


图 3-2-9 光照强度影响叶肉细胞中叶绿体分布的示意图(未显示细胞内其他结构)

但实验表明,在光照较弱的情况下,叶绿体会汇集到细胞顶面,以最大限度地吸收光能,保证高效率的光合作用;而当光照强度很高时,叶绿体会移动到细胞侧面,以避免强光的伤害(图 3-2-9)。

随着实验技术的不断提高,人们对光合作用的认识日益深入,光合作用过程逐步被揭晓。

光合作用可以分为两个阶段,即光反应(light reaction)阶段和暗反应(dark reaction)阶段,暗反应阶段也称为碳反应阶段。实际上,光反应和暗反应不仅同时进行,而且耦合在一起,共同完成光合作用过程。

光反应发生在叶绿体的类囊体膜上,必须在有光的条件下才能进行。光合色素和与光反应有关的酶就分布在类囊体膜上。在类囊体膜上,叶绿素等光合色素吸收光能,使某些基态叶绿素分子(接受了最初由水的裂解传递而来的电子)受到激发释放电子,电子在不同的物质(电子传递体)之间传递,最后 NADP^+ (氧化型辅酶 II)接受电子被还原成 NADPH (还原型辅酶 II,常表示为 $[\text{H}]$,在暗反应阶段发挥作用),能量也由光能转换为电能,再由电能转换为化学能,储存在 ATP 和 NADPH 中。这一过程涉及水的裂解、电子传递、 ATP 生成和 NADP^+ 还原。在光反应中,光合色素吸收光能,水裂解释放 O_2 ,电子传递, ATP 和 NADPH 的形成是耦合在一起的,共同完成光反应,即将太阳能最终转换为化学能并产生 O_2 。

暗反应是由卡尔文及其研究团队发现的,又称为卡尔文循环。简单地说,卡尔文循环就是将 CO_2 、 ATP 和 NADPH 转变为磷酸丙糖(一种三碳糖)的复杂生化反应。在暗反应阶段中,绿叶细胞从外界吸收的 CO_2 进入叶绿体基质,与细胞中的一种五碳化合物(C_5)结合,形成两个三碳化合物(C_3),这个过程称为 CO_2 的固定。在有关酶的催化下, C_3 接受光反应阶段提供的物质和能量,经过一系列生化反应,部分转变为糖类,另一部分又形成 C_5 ,继续参与 CO_2 的固定。

暗反应是由酶催化的一系列复杂的生化反应。在这一过程中,将光反应过程中形成的 ATP 和 $[\text{H}]$ 中的化学能,转化为储存于糖分子中的化学能。可见,叶绿体中光合色素吸收太阳能,将光能转换为化学能,形成了推动 CO_2 和 H_2O 合成糖的动力。



从物质与能量视角,概括光合作用过程中的物质变化和能量转换。

光合作用的光反应和暗反应两个阶段是连续进行的(图 3-2-10)。叶绿体是绿色植物进行光合作用的场所。光合作用是绿色植物细胞中的叶绿体从太阳光中捕获能量,并将这些能量在 CO_2 和 H_2O 转变为糖与 O_2 的过程中,转换并储存为糖分子中化学能的过程。

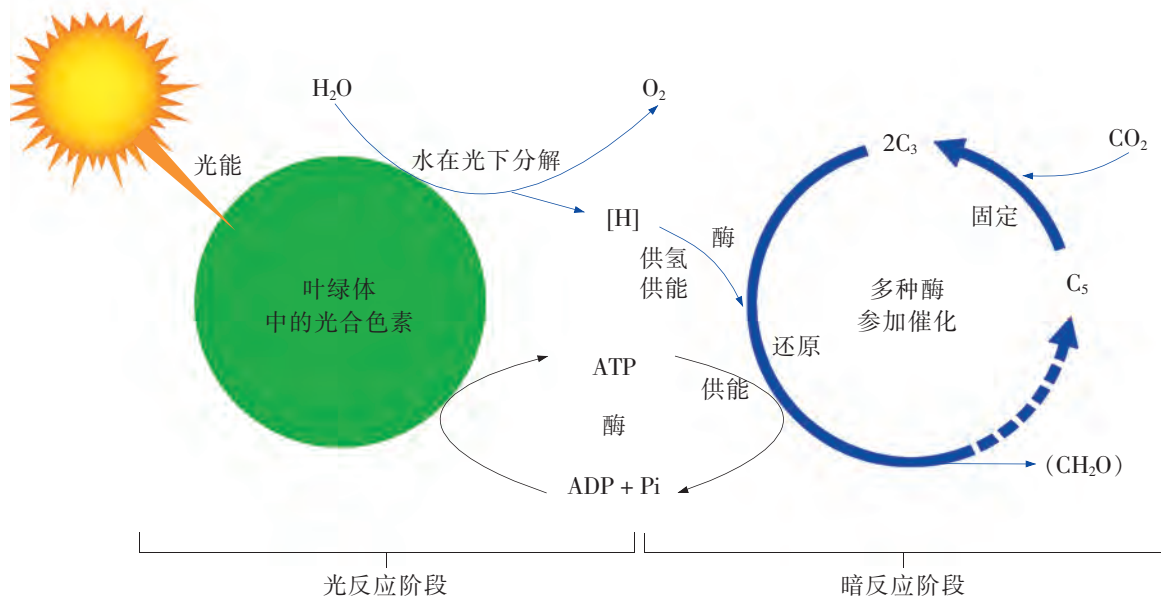
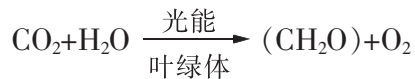


图 3-2-10 光合作用过程示意图

绿色植物的光合作用可以用下列总反应式来表示,其中 (CH_2O) 代表糖。



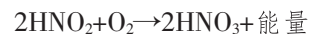
光合作用是一项复杂的能量转换过程,也是一个无机物转变为有机物的重要途径。这对地球表面的生态面貌、大气组成、生物进化,乃至所有生物的生存,人类的生产和生活都有至关重要的意义。

知识链接

自然界中还存在着一些微生物,它们不能像绿色植物那样通过光合作用利用光能产生糖,而是通过氧化外界环境中的无机物获得的化学能来合成有机物。这种制造有机物的方式,称为化能合成作用。例如,土壤中的硝化细菌不能利用光能,但它们能将土壤中的 NH_3 氧化成亚硝酸,进而将亚硝酸氧化成硝酸(HNO_3)。利用上述反应中释放的化学能,硝化细菌将二氧化碳和水合成为糖,以维持自身的

化能合成作用

生命活动。这种氧化 NH_3 和 HNO_2 释放能量的过程可用下列反应式表示:



另外,硫细菌和铁细菌也能进行化能合成作用。和植物的光合作用一样,这些微生物的化能合成作用对维持地球上的物质循环和能量的转换、流动也具有一定的作用。

本节练习

一、思辨题

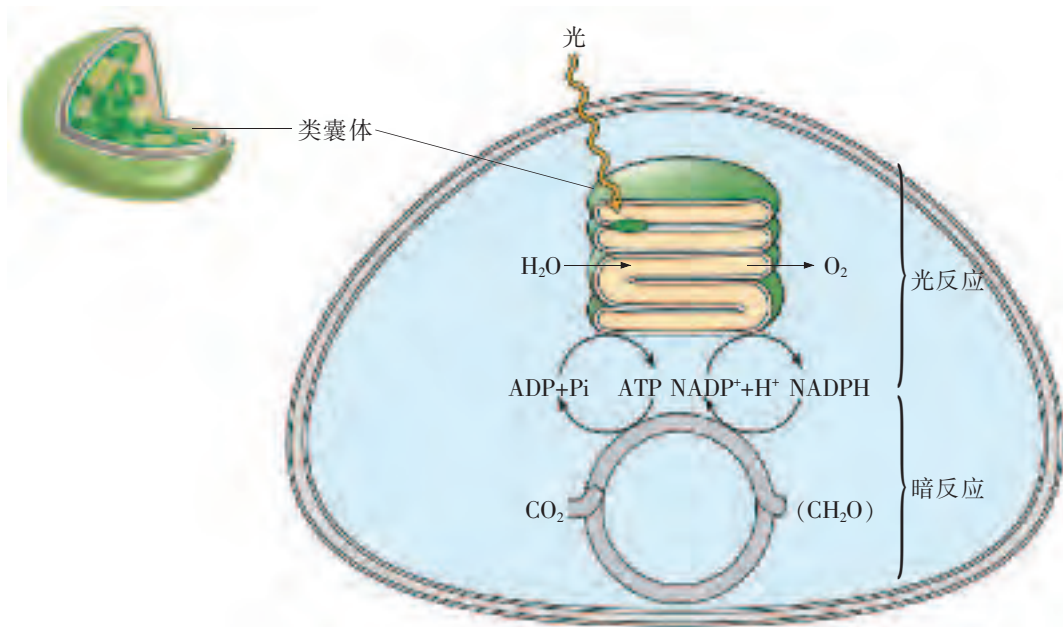
1. 用含 ^{14}C 的二氧化碳追踪光合作用中碳原子的行踪,科学家发现了什么?
2. 分析两种及两种以上事物的异同点时,常采用列表比较的方法。光合作用主要分为光反应阶段和暗反应阶段,尝试列表比较这两个过程,完成下表。

光反应阶段和暗反应阶段的比较

	光反应	暗反应
条件	需要光、光合色素、ADP 和酶	需要 ATP、[H]和酶
场所		
物质转化		
能量转换		

二、应用题

有人根据光合色素吸收光谱的示意图,提出蔬菜大棚所使用的薄膜应该是红色或蓝色的。要想对此观点做出正确判断,一定要以叶绿体结构和光合作用过程等知识为基础。



光合作用过程示意图

- (1)描述叶绿体的基本结构,说出光合色素的种类,并解释叶绿体膜的总面积比叶面积大得多的原因。
- (2)根据相关知识,我们能说明大棚薄膜应该是红色或蓝色的原因吗?
- (3)在光合作用过程中发生了能量转换,这与光反应和暗反应有什么关系?上图中除ADP、ATP的转化与能量有关外,NADP⁺和NADPH的转化与能量有什么关系?如果回答有困难,可通过互联网查询结果。



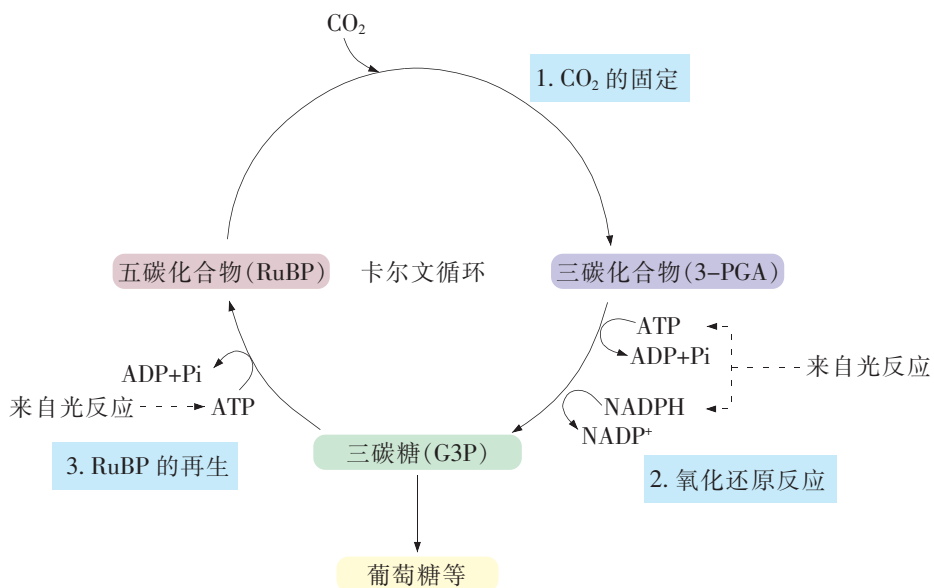
如果想要更多地了解能量与植物光合作用有关的知识,可参考下列资料。

李合生. 现代植物生理学. 3版. 北京:高等教育出版社,2012.

第四章 植物的光合作用 第三节 光合作用的机制

卡尔文循环的简要过程

在卡尔文循环中,CO₂ 转变为磷酸丙糖(G3P)的过程分为CO₂ 的固定、氧化还原反应和C₅,即二磷酸核酮糖(RuBP)的再生三个阶段(下图)。



卡尔文循环过程示意图

在CO₂ 固定阶段,三分子RuBP 固定三分子CO₂, 形成六分子C₃,即3-磷酸甘油酸(3-PGA)。这一反应的实质是通过羧化反应,使一个五碳化合物变成两个三碳化合物。

在氧化还原反应阶段,C₃ 被还原成G3P。这时,光合作用合成糖的过程实际已经完成,以后由G3P 转变为葡萄糖等。

RuBP 再生阶段包括许多反应,这些反应的结果是五个G3P 转变成了三个RuBP。这一过程也需要ATP 提供能量。



第三节 细胞呼吸——能量的转化和利用

如果感到饥饿,这是身体在提醒我们要进食补充能量了。当食入蛋糕或饼干后,我们的体力会得到恢复。这证明食物被人体消化吸收后,它们所含的能量转化成生命活动所需的能量。现在我们知道,这一过程离不开细胞呼吸(cellular respiration)。那么,细胞呼吸真的能释放能量吗?细胞呼吸还能产生什么?



积极思维

动物细胞呼吸会产生 CO₂ 和释放能量吗?

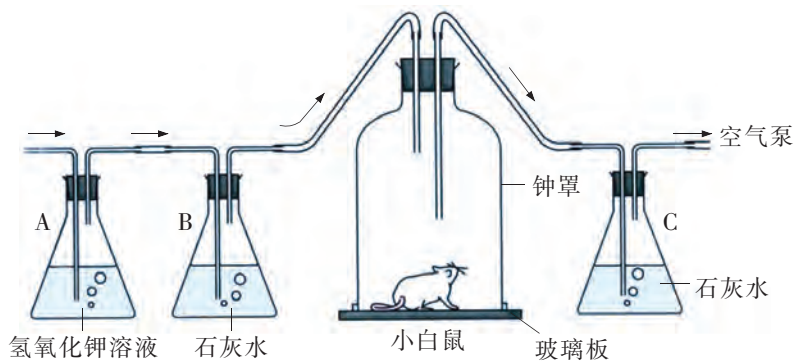


图 3-3-1 验证动物细胞呼吸产生 CO₂ 的实验装置示意图

事实:

1. 一位同学设计了如图 3-3-1 所示的实验装置并实施了实验。玻璃钟罩中放置一只小白鼠,钟罩底部涂抹凡士林,使钟罩和玻璃板结合得紧密、不透气。用软胶管和玻璃管连接 A、B、C 三个锥形瓶,确保连接处

的密封性。A 瓶内盛有氢氧化钾溶液,B 瓶和 C 瓶内都盛有澄清的石灰水,C 瓶出口处的软管连接小型空气泵。

2. 他开启空气泵抽气前,先观察和记录三个锥形瓶中溶液的颜色。开启空气泵后,空气会从 A 瓶进入,气体依次经过 B 瓶和钟罩,最后从 C 瓶被抽出。

3. 在重复实验时,他在玻璃钟罩内放置了一个温度计,发现钟罩内的温度有所上升。

思考:

1. **比较** 在实验中,设置 A 瓶、B 瓶和 C 瓶的目的分别是什么?

2. **推测** 说出在实验过程中 A 瓶、B 瓶和 C 瓶里溶液颜色的变化情况,并说明理由。

3. **分析** 钟罩内温度的上升能说明什么?

许多实验证明,和动物细胞一样,其他生物细胞生命活动所需的能量也是通过细胞呼吸提供的。那么,细胞呼吸是如何释放能量的?这些能量又是如何被转化和利用的呢?

细胞有氧呼吸是大多数生物获取能量的主要途径

用小白鼠所做的实验表明,动物细胞呼吸产生了 CO_2 。进一步的实验发现,生物体一切生命活动所需的能量主要与细胞呼吸有关。

细胞呼吸主要是指糖类、脂质和蛋白质等有机物在活细胞内氧化分解为 CO_2 或其他物质,同时释放出能量并生成 ATP 的过程。生物体通过细胞呼吸将储存在有机物中的能量转化为生命活动能直接利用的能量。

细胞呼吸是连续的代谢过程,由一系列生化反应组成,其中每一步生化反应的顺利完成都需要特定的酶参与。

生物细胞呼吸包括细胞有氧呼吸和无氧呼吸两类。细胞有氧呼吸(aerobic respiration)是指在氧的参与下,细胞内的有机物彻底氧化分解产生二氧化碳和水,同时释放能量,生成大量 ATP 的过程。细胞有氧呼吸主要发生在线粒体内。

跨学科视角

在体育课上,我们一定听说过“有氧运动”。我们平时进行的慢跑、游泳等活动都是有氧运动。

在开展这些运动时,我们是否想过有氧运动与细胞呼吸有什么关系?

真核细胞以葡萄糖为“燃料”进行有氧呼吸时,主要分为三个阶段(图 3-3-2)。

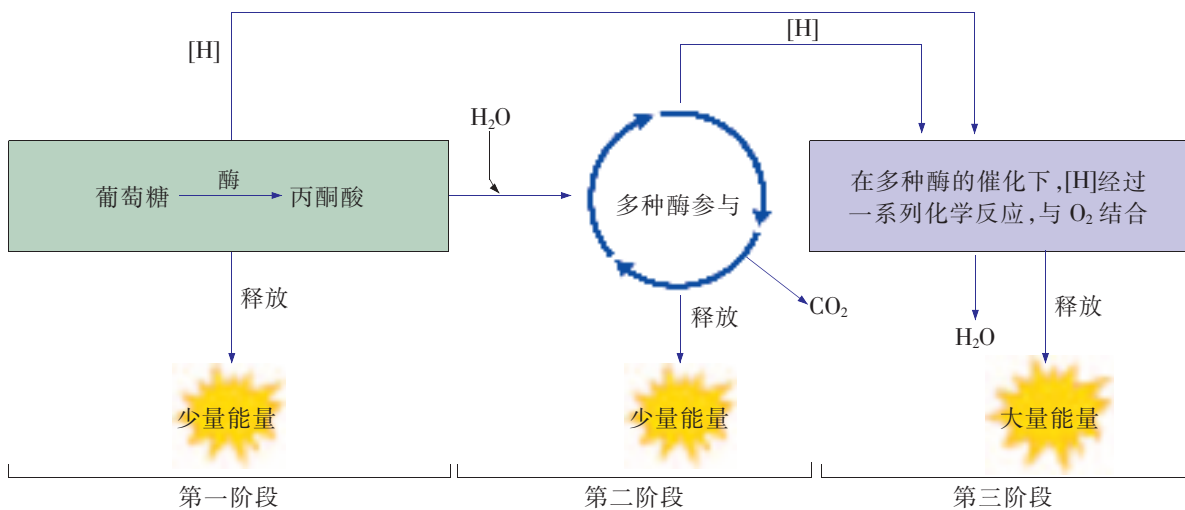


图 3-3-2 细胞有氧呼吸过程示意图

第一阶段:在细胞质基质中进行,不需要氧参与。1 mol 葡萄糖分解形成 2 mol 丙酮酸,同时产生少量 [H](还原型辅酶 I, NADH)和少量能量。这一阶段又被称为糖酵解过程。

第二阶段:在线粒体基质中进行,不需要氧直接参与。进入线粒体基质的丙酮酸在多种酶的催化下,先转化成乙酰辅酶 A,再形成柠檬酸,柠檬酸进一步分解。上述过程生成 CO₂,同时产生大量[H]并释放少量能量。部分水也参与了这一阶段的反应。

这一阶段把糖类、蛋白质和脂肪等物质代谢联系起来,也是能量代谢的枢纽。

知识链接

乙酰辅酶 A 和柠檬酸循环

乙酰辅酶 A 是辅酶 A 的乙酰化形式。它在许多代谢过程中发挥关键作用。

柠檬酸循环是三大营养物质分解代谢的最终共同途径。糖、脂肪、蛋白质三大营养物质经过分解代谢都先生成乙酰辅酶 A,乙酰辅酶 A 进入柠檬酸循环彻底氧化生成 CO₂ 和 H₂O,释放的能量用于 ATP 合成。

柠檬酸循环也是糖、脂肪、氨基酸代谢联系的

枢纽。例如,葡萄糖氧化分解可生成乙酰辅酶 A,进而可逐步合成脂肪酸及脂肪;糖和甘油在体内代谢可生成 α-酮戊二酸、草酰乙酸等柠檬酸循环的中间产物,这些中间产物可以转变成某些氨基酸,如草酰乙酸可转变为天冬氨酸而参与蛋白质合成;而有些氨基酸又可通过脱氨基作用生成 α-酮酸,再经过糖异生途径生成糖或转变成甘油。

第三阶段:在线粒体内膜上进行,需要氧参与。在多种酶的催化作用下,第一、二阶段产生的[H]经过一系列复杂的化学反应,和氧结合生成水,同时释放大量的能量。

若以葡萄糖为底物,细胞有氧呼吸的总反应式可归纳为:



细胞有氧呼吸是大多数生物获取能量的主要途径。例如,动物和植物的细胞呼吸方式主要是细胞有氧呼吸。

细胞无氧呼吸也为生命活动提供能量

除了细胞有氧呼吸外,许多生物还保留了在无氧或缺氧的条件下进行细胞无氧呼吸的能力。在无氧或缺氧的条件下,细胞通过酶的催化作用,把葡萄糖等有机物分解为乙醇(C₂H₅OH)和 CO₂,或分解为乳酸(C₃H₆O₃)等物质,同时释放较少能量的过程,被称为无氧呼吸(anaerobic respiration)。

细胞无氧呼吸过程发生在细胞质基质中。在生产生活中,人们利用酵母菌酿酒,利用乳酸菌制作酸奶,都是因为这两类生物能进行细胞无氧呼吸。



探究酵母菌的呼吸方式

酵母菌是单细胞真菌,细胞直径一般为 2~6 μm ,肉眼看不见。酵母菌是兼性厌氧生物,在有氧和无氧条件下都能够生存。在无氧环境下,酵母菌能将糖发酵成酒精和二氧化碳,常用于酿酒和发面。

实验目的

通过对酵母菌呼吸方式的探究,说明酵母菌既能进行有氧呼吸,也能进行无氧呼吸。

实验器材和试剂

干酵母;试管、U 型管;葡萄糖等。

实验指导

1. 阅读下列背景资料:

一位同学为了探究酵母菌的呼吸类型,设计和实施了酵母菌细胞呼吸实验(图 3-3-3)。他得出结论:酵母菌既能进行有氧呼吸,也能进行无氧呼吸。

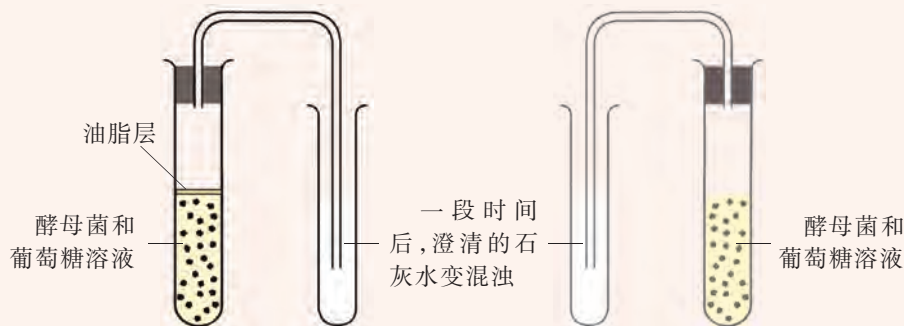


图 3-3-3 酵母菌细胞呼吸实验示意图

2. 问题与假设:

小组分析该同学的探究活动后,尝试提出有关酵母菌呼吸方式的问题。针对问题,作出假设。

3. 设计与实验:

根据假设,考虑器材、试剂和实验方法等,在小组充分讨论的基础上,制订实验方案,并切实按照实验方案实施实验。



图 3-3-4 塑料注射器

建议:

- (1) 考虑实验中温度的影响。
- (2) 制订实验方案时,要尽可能选用容易测量、操作简便的器材。例如,塑料注射器就是一种可以进行定量和定性实验的器具(图 3-3-4)。
- (3) 考虑如何设置对照实验。
- (4) 溴麝香草酚蓝溶液是酸碱指示剂,可用于检测 CO₂。当溶液中 CO₂ 含量增高时,溶液由蓝色变为黄绿色。重铬酸钾溶液可用于检测酒精,在酸性(硫酸)条件下重铬酸钾能与酒精发生反应,生成绿色的硫酸铬。考虑这些试剂的作用。

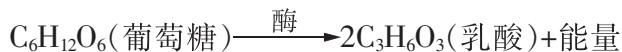
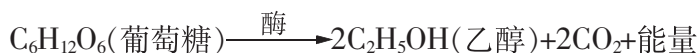


重铬酸钾对人的皮肤、眼有很强的伤害,实验者应穿防护衣,戴防护手套和护目镜。

结果与分析

分析实验数据,得出实验结论。在了解其他小组实验结论的基础上,反思本组的实验。重复实验可以增加实验结果的可靠性。

若以葡萄糖为底物,则细胞无氧呼吸可以归纳为以下两个总反应式:



积极思维

细胞有氧呼吸和无氧呼吸有哪些主要区别?

事实:

1. 研究发现,发生在细胞中的有氧呼吸和无氧呼吸,在反应场所、是否需要氧、最终产物和释放能量多少等方面,存在明显的区别。

2. 在细胞无氧呼吸中,1 mol 葡萄糖氧化分解产生乙醇或乳酸时只释放少量能量,并生成少量 ATP;在细胞有氧呼吸中,1 mol 葡萄糖完全氧化分解时释放大量能量,并生成大量 ATP(图 3-3-5)。

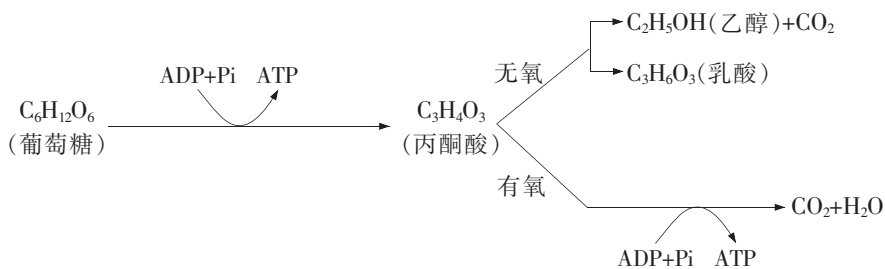


图 3-3-5 细胞有氧呼吸和无氧呼吸过程示意图

思考:

1. **比较** 细胞有氧呼吸和无氧呼吸主要有哪些区别?
2. **分析** 在细胞无氧呼吸过程中,由丙酮酸分解为乙醇或乳酸的阶段有没有释放能量?

除了酵母菌外,高等植物在被水淹的情况下,根细胞可以进行短暂的无氧呼吸,一般将葡萄糖分解为乙醇和二氧化碳,释放出能量,以适应缺氧的环境条件。人在剧烈运动时,在较短的时间内会消耗大量的能量,除了有氧呼吸外,肌细胞也能

以无氧呼吸的方式,将葡萄糖分解为乳酸,并释放一定的能量,以满足人体的需要。可见,细胞无氧呼吸也对生物具有重要的生理意义。以有氧呼吸为主的生物,无氧呼吸时间过长时,细胞会受到一定的伤害。

细胞呼吸产生能量的利用

细胞呼吸是维持生物体生命活动的基本保证。细胞呼吸释放的能量,一部分以热的形式散失,一部分主要储存在 ATP 中,供给生物体的各种生命活动(图 3-3-6)。



图 3-3-6 生物体的生命活动需要消耗 ATP

ATP 为细胞的生命活动提供了动力。生物体的各种运动,一些生物的放电、发光现象,物质的主动运输,细胞的分裂和生长等,都要消耗 ATP 所提供的能量。

本节练习

一、思辨题

1. 甘薯、甘蔗和洋葱等是常见的农作物。正常情况下,这些农作物的叶肉细胞有氧呼吸产生能量的共同去路是 ()

- A. 用于合成块根细胞中储存的淀粉 B. 用于合成茎细胞中积累的蔗糖
C. 用于合成鳞片叶细胞中的脂肪 D. 用于合成蛋白质等细胞结构物质

2. 生物体内的许多生命活动都需要能量。下列生命活动由细胞代谢供能的是 ()

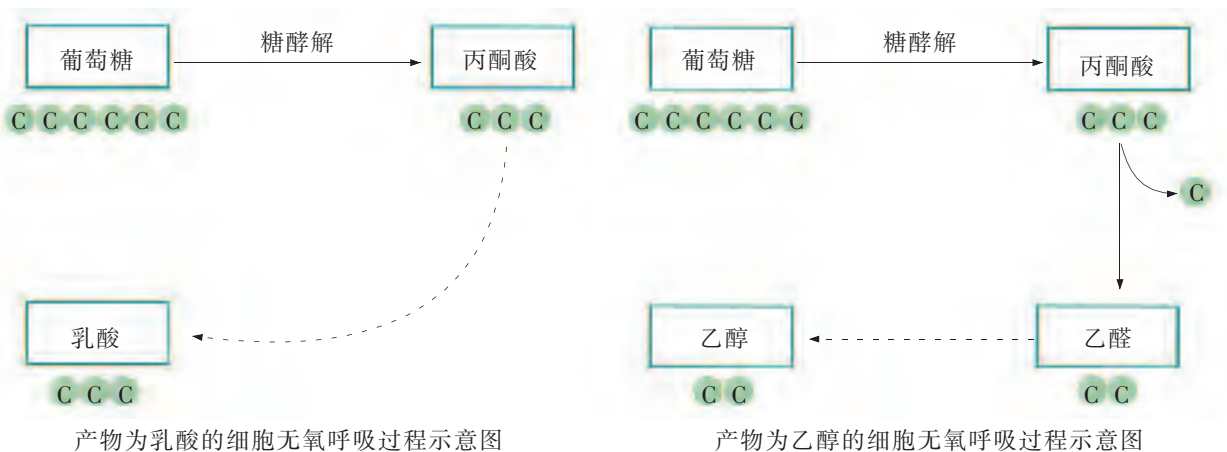
- A. 叶绿体基质中,三碳化合物的还原过程
B. 类囊体膜上, H_2O 在光下分解,产生[H]并释放 O_2
C. 叶绿体基质中, CO_2 被固定形成三碳化合物的过程
D. 线粒体内膜上,在多种酶的催化下,[H]与 O_2 结合生成 H_2O

二、应用题

1. 很多人喜欢自己制作馒头。在制作馒头前,一般先把面粉、温水、酵母菌按比例混合形成面团,不断揉搓面团后再放置一段时间,进行发酵。发酵得好,才能制作出松软的馒头。掰开馒头,中间有很多小孔。若发酵时间过长,则会产生淡淡的酒味。

(1) 试分析面团发酵过程中酵母菌所进行的细胞呼吸方式。

(2) 细胞无氧呼吸的产物有乳酸和乙醇两种类型。有人将这两类无氧呼吸的过程总结为下图。尝试分析:在细胞无氧呼吸过程中,物质和能量发生了什么样的变化?



2. 水涝时农作物会受到危害。根据细胞呼吸的原理,解释水涝时农作物受到危害的原因。尝试提出一些能使水涝中受害农作物恢复正常的措施。

3. 有人提出:在种子萌发中,从吸水膨胀到胚根和胚芽突破种皮之前,细胞主要进行无氧呼吸。尝试设计一个探究实验,论证上述观点。



如果想要更多地了解与植物细胞呼吸有关的知识,可参考下列资料。

潘瑞炽. 植物生理学. 7版. 北京:高等教育出版社,2012.

第三篇 物质代谢和能量转换 第四章 植物的呼吸作用

科学家的榜样作用

德国生物化学家瓦尔堡 (O.H. Warburg, 1883—1970), 在研究中发现癌细胞比正常细胞的呼吸速率快, 这引起了他的注意。为了准确测定细胞呼吸速率, 瓦尔堡利用自己具有的良好物理学和化学知识, 亲自动手创造性制作实验仪器, 在较短的时间内就建立了很多重要的生物化学研究技术。特别是, 他在 20 世纪 20 年代设计的一种测压计能测定细胞呼吸速率。瓦尔堡用自己设计的仪器研究了细胞呼吸酶的性质和作用方式。他因研究呼吸酶及其作用机制的杰出贡献, 于 1931 年获诺贝尔生理学或医学奖。他一直认为自己的导师起了一个很好的榜样作用, 并指出: “一个年轻科学家一生中最重要的事情是能跟他那个时代的科学巨匠进行个人接触。”

科学史上一直有很多科学家, 他们在教授学生的时候, 不但将知识、研究问题的方法、思考问题的策略传授给学生, 而且通过自身具备的高尚的品格、严谨的科学态度影响学生。英国生物化学家克雷布斯是瓦尔堡的学生, 在获得诺贝尔奖之后回忆道: “扪心自问, 我怎么也不会想到有朝一日来到斯德哥尔摩, 我毫不怀疑我之所以有这个幸运的机会, 应归功于我在科学生涯的关键阶段里有过一位杰出的老师——瓦尔堡, 他是榜样, 建立了一流的研究方法和质量体系。如果没有他, 可以肯定, 我永远不会达到诺贝尔奖委员会所要求的标准。”

因此我们在学习生物学时, 不仅要学习科学家们的思维方式和解决问题的方法, 还要学习他们对待科学的态度。



瓦尔堡



克雷布斯



第四节 影响光合作用和细胞呼吸的环境因素

干旱、洪涝、霜冻等自然灾害会严重影响农业生产,其本质是这些灾害影响了农作物的光合作用和细胞呼吸等生命活动。其实,在不受灾害的情况下,农作物的光合作用和细胞呼吸过程也会受到许多环境因素的影响。有人推测光照强度是影响植物光合作用的重要因素。我们能先对这个观点进行判断,再通过实验对这个观点进行验证吗?



积极思维

光照强度真的会影响植物光合作用吗?

事实:

1. 下图是验证光照强度影响植物光合作用的实验装置(图3-4-1)。大烧杯中盛有一定量的清水,试管中放置一株长约10 cm的黑藻植株,并将试管固定和支持物上。

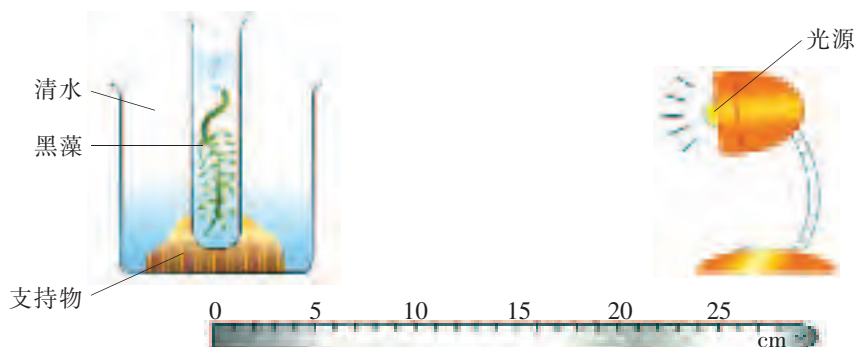


图3-4-1 光照强度影响光合作用实验示意图

2. 台灯为白炽灯。在试管中轴到灯泡(光源)的距离分别为12 cm、18 cm、24 cm的条件下,开展3次实验。实验过程中,灯光始终对准试管中的黑藻。每改变一次距离后,应静置3 min,再开始新的实验。

3. 在距离为12 cm、18 cm、24 cm时,计数得到黑藻1 min内分别产生63个、41个和31个气泡。

思考:

判断 实验者认为,灯泡与黑藻之间的不同距离可以代表不同的光照强度,而上述实验结果表明光照强度会影响植物光合作用。我们赞同这个观点吗?为什么?

除了光照强度外,植物光合作用还会受到哪些环境因素的影响?学习完本节内容后,我们一定会对此有更深入的了解,也会对这些知识在生产和生活中的应用有新的认识。

影响光合作用的环境因素

上述实验表明,光照强度是影响光合作用的重要因素之一。在自然条件下,影响光合作用的环境因素很多,分析其中的主要因素,对深入理解光合作用并采取相应的措施提高农作物产量具有重要意义。



积极思维

哪些环境因素会影响光合作用?

事实:

有人用黑藻进行实验,在其他条件不变的情况下,分别测定了光照强度(可以用单位叶面积上所接收的可见光能量来表示)、 CO_2 浓度对光合速率(photosynthetic rate)(可以用单位时间单位叶面积上的 CO_2 固定量或 O_2 释放量来表示)的影响,实验结果如图 3-4-2 所示。

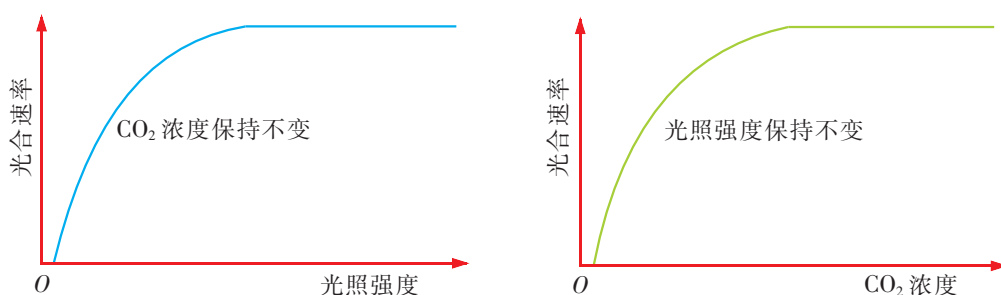


图 3-4-2 光照强度与 CO_2 浓度变化对光合速率的影响示意图

思考:

分析 根据图 3-4-2,分析光照强度、 CO_2 浓度是如何影响光合速率的。

光照是植物进行光合作用的必要条件,光照强度会影响光合速率。在一定范围内,光合速率随着光照强度的增强而相应增加;当达到某一定值后,光照强度即使继续增强,光合速率也不再增加。

问题与讨论

上述实验证明,光照强度达到一定程度后,光合速率不再增加。我们能分析原因吗?能设计实验加以验证吗?

在太阳辐射中,对光合作用有效的是可见光。那么,光照是不是仅仅以光照强度影响植物的光合作用呢?



走进实验室

探究不同光质的光对植物光合作用的影响

叶绿体中的色素对不同光质的光有不同的吸收值。实验表明,叶绿素 a 和叶绿素 b 在蓝光区和红光区各有两个吸收高峰,类胡萝卜素的吸收高峰在蓝光区。

实验目的

探究不同环境因素(如光质)对光合作用的影响。

实验器材和试剂

盆栽植物;记号笔,镊子,剪刀,烧杯,酒精灯,纸巾,500 mL 烧杯,培养皿,黑色遮光纸,蓝色、红色、绿色的玻璃纸;碘液等。

实验指导

1. 阅读下列背景资料:

(1) 回顾初中生物学课程中做过的“绿叶在光下产生淀粉”的实验(图 3-4-3):
A. 对天竺葵进行暗处理 24 h; B. 用黑纸片夹住天竺葵叶片的一部分; C. 对天竺葵进行光照处理; D. 去除黑纸片,剪下天竺葵叶片,放在隔水加热的酒精中脱色; E. 滴加碘液,天竺葵的遮光部分呈现淡黄色,未遮光部分呈现蓝紫色,结果说明光合作用产生淀粉。



建议:对天竺葵进行暗处理,用黑纸片夹住天竺葵叶片的一部分,将天竺葵叶片放在隔水加热的酒精中脱色,考虑这样做的目的是什么。

(2) 实验表明,叶绿体中的色素不吸收或很少吸收绿光。

2. 问题与假设:

小组讨论,提出问题。例如,植物吸收哪一种光,光合速率更高?红光比绿光对植物光合速率的影响更大吗?

针对提出的问题,作出假设。例如,针对“植物吸收哪一种光,光合速率更高”的问

图 3-4-3 “绿叶在光下产生淀粉”的实验

题,可根据叶绿体中的色素在蓝光区和红光区有不同的吸收高峰,作出“植物吸收蓝光和红光时,光合速率更高”的假设。

3. 设计与实验:

(1) 根据假设,在小组讨论的基础上设计实验方案。

建议:蓝色、红色、绿色的玻璃纸分别透过蓝光、红光、绿光。

(2) 按照实验方案,分工合作,完成实验。



酒精易燃!

结果与分析

植物在红光和蓝光下产生的淀粉较多,光合速率更高。

CO₂是光合作用的原料之一。在一定范围内,植物光合速率随着环境中CO₂浓度的上升而增加,在CO₂浓度达到某一定值后,再增加CO₂浓度,光合速率也不再增加。

温度对光合作用中酶活性的影响很大,因而对光合速率也有明显的影响。一些研究人员针对植物光合作用的温度适应范围和最适温度范围做了探究,结果如表3-4-1所示。酶对温度很敏感,低温或高温会导致酶活性降低,光合速率也会降低。

表3-4-1 部分植物光合作用的温度适应范围和最适温度范围

	烟草	薄荷	甘薯
温度适应范围/°C	8~38	0~45	18~35
最适温度范围/°C	25~28	20~30	23~33

此外,土壤中的水分含量和无机盐的种类也会影响光合速率。水是光合作用的原料之一,充足的水分能直接影响植物的光合速率;氮素是蛋白质、核酸的组成成分,充足的氮素供应可以促进叶面积的增大和叶数量的增多,从而增加光照面积,间接地影响植物的光合速率。镁是叶绿素的组成成分,适时补充镁元素可以促进叶绿素的合成,从而影响光合速率。

影响细胞呼吸的环境因素

在自然条件下,影响细胞呼吸的环境因素很多。环境的温度,空气中的O₂浓度、CO₂浓度都会影响细胞呼吸。它们对细胞呼吸的影响主要反映在呼吸速率上。呼吸速率是植物细胞代谢强弱的一个重要指标,常用单位面积或单位重量的植物体在单位时间内所吸收O₂或释放CO₂的量来表示。

温度对细胞呼吸的影响也像对光合作用的影响那样,主要影响了与细胞呼吸有关的酶的活性。在一定的温度范围内,酶



有人说,炎热夏天的中午不能直接给农作物浇井水。尝试分析原因。

活性因温度的升高而提高,呼吸速率也会增高;到达最高值后,因温度高于酶的最适温度,酶活性降低,因而呼吸速率也随着温度的升高而下降。细胞呼吸的最适温度、最低温度和最高温度会因植物的种类和生理状态的不同而有较大差异。

植物细胞呼吸的最适温度一般高于光合作用的最适温度,因此,当细胞呼吸处于最适温度时,细胞呼吸旺盛,而光合作用可能已经有所减弱。

氧是细胞进行有氧呼吸的必要条件。在氧浓度较低的范围内,植物的呼吸(有氧呼吸)速率随氧浓度的增加而升高,但增至一定程度时,呼吸速率就不再升高了。在缺氧条件下,植物可短暂地进行无氧呼吸,但由于有机物的不完全氧化,积累的不完全氧化产物会对细胞产生毒害,所以,无氧呼吸最终常会使植物受到伤害。例如,苹果细胞无氧呼吸会积累过多酒精,结果细胞受到毒害而死亡,失去抵御微生物入侵的能力,最后苹果腐烂。同样,动物在剧烈运动时会因无氧呼吸积累过多的乳酸,从而出现肌肉酸痛。在以有氧呼吸为主的生物体内,随着氧浓度的提高,有氧呼吸会增强,无氧呼吸会有所减弱。

二氧化碳是细胞呼吸的最终产物,空气中二氧化碳的体积分数约为 0.033%。当二氧化碳体积分数高于 5%时,细胞呼吸明显受到抑制。在土壤中,根系土壤微生物的细胞呼吸会产生大量的二氧化碳,当土壤板结、深层通气不良时,积累的二氧化碳体积分数可达 4%~10%,甚至更高。此时若不及时中耕松土,根部细胞的有氧呼吸会严重受阻。一些植物(如豆科植物)种子由于种皮的限制,细胞呼吸产生的二氧化碳难以被释放出来,种皮内积聚较高浓度的二氧化碳会抑制细胞呼吸,导致种子进入休眠状态。

植物组织的含水量与呼吸速率也有密切关系。在一定范围内,细胞呼吸速率随组织含水量的增加而增高。干燥种子的细胞呼吸速率很低,而当种子吸水后,细胞呼吸速率迅速增高。

此外,植物种类的不同以及同一植物的不同组织器官,也能影响植物细胞的呼吸速率。不同种类的植物呼吸速率不同。一般来说,旱生植物生长缓慢,细胞呼吸速率比水生植物低;阴生植物所处的地方光照强度较弱,细胞呼吸速率比阳生植物低。同一种植物在不同的生长发育时期,细胞呼吸速率有所不同。一般在幼苗期、开花期等生长旺盛期,细胞呼吸速率增高。同一种植物的不同器官,细胞呼吸速率也有所不同,一般生殖器官比营养器官的细胞呼吸速率高,幼嫩的组织器官比衰老的组织器官的细胞呼吸速率高。



科学实验表明,当细胞生活的环境中二氧化碳体积分数高于 5%时,细胞呼吸明显受到抑制。尝试推测原因。

光合作用和细胞呼吸原理的应用

深入研究了影响光合作用和细胞呼吸的环境因素后,可以在农业生产实践中利用相关环境因素,促进作物的稳产、高产。

增加光照面积、延长光照时间等可以充分利用光能。例如,生产上常用马铃薯套种玉米或棉花套种花生(图3-4-4)等方法,使作物高矮成层,相间成行,以充分利用光能。



马铃薯套种玉米



棉花套种花生

图3-4-4 套种可增加光照面积

适当增强细胞呼吸可以促进作物的生长发育。例如,在水稻生产中,适时采取露田和晒田等措施,就是为了改善土壤通气条件,以增强根系的细胞呼吸。合理密植也有利于作物的细胞呼吸和光合作用。作物种植过密,在高温和光照不足的情况下,细胞呼吸消耗过大,光合作用产物被较多地分解,因而净光合速率降低,产量受到影响。

在储藏果蔬时,一般采用适当降低温度或氧浓度的方法,抑制细胞呼吸,以减少有机物的消耗。例如,通常在 $0\sim 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下储藏苹果、柑橘等果实;北方农村广泛采用密闭的土窖保存果蔬,这是因为果蔬自身消耗氧产生二氧化碳,使土窖中氧浓度下降,从而抑制细胞呼吸,延缓有机物的消耗。



既然低温条件有利于水果储藏,为什么储藏在家用冰箱里的水果仍然会腐烂变质呢?

问题与讨论

酶制剂保鲜是利用酶的催化作用,防止或消除外界因素对食品的不良影响,保持食品原有品质与特性的技术。

我们能运用细胞呼吸原理,解释酶制剂是如何保鲜的吗?

在储藏粮食时,通过降低粮仓的湿度,使储存的种子保持干燥,以抑制细胞呼吸,延长保存期限。例如,当稻谷种子的含水量超过一定程度后,呼吸速率就会骤然增加,释放的热量和产生的水会导致种子霉变。



传统的农业生产是露天生产,几乎完全受制于自然气候,故有“望天收”的说法。而今,塑料大棚的应用改变了作物的生存环境,延长了作物的生长时间,提高了光能利用率,使作物大幅度增产。

塑料大棚使反季节栽培成为现实:冰天雪地的隆冬,棚内温暖如春;烈日当空的盛夏,棚内却温度适宜。作物在大棚环境中不

分季节地茁壮生长,使瓜果蔬菜栽培的“青黄不接”和“伏缺”等现象成为历史。这种依靠一定的设施进行农业生产的方式称为设施农业。近年来,塑料大棚又有新的发展,除了普通的塑料大棚外,还有可以调控温度、湿度、CO₂浓度等的现代化智能大棚。现在,农民在塑料大棚或智能大棚里不仅种植瓜果蔬菜(图3-4-5),还养鸡、养猪(图3-4-6)。

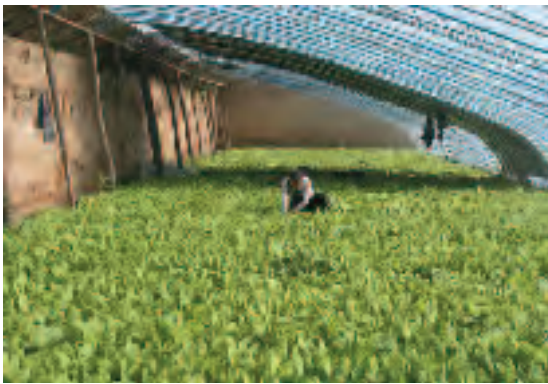


图3-4-5 塑料大棚种植蔬菜



图3-4-6 塑料大棚养猪

塑料大棚的推广使用,曾引发了“白色污染”。近年来,能够自然降解的塑料薄膜已经研发成功,经过风吹日晒后,这种薄膜在一定时间内会自行降解,因而不会危害环境。

塑料大棚一定要用无色透明的塑料薄膜吗?想一想,如果让你来建设、管理塑料大棚并种植蔬菜,你还可以选择什么颜色的塑料薄膜?

随着人们对影响光合作用和细胞呼吸的因素的更深入的研究,农业、畜牧业生产方式将会发生巨大变化,生产水平也会得到较大幅度地提高。相信有一天,我们可能不用下地去种庄稼,而在工厂中利用叶绿体这种“机器”生产出粮食、棉花等;我们也可能不用去开采石油和煤炭、建造发电厂,而只要装上一台微型叶绿体产能机,一按电钮,汽车就能开动,飞机就能翱翔……那恐怕不是梦。



如果想要更多地了解与细胞能量转换有关的知识,可参考下列资料。
翟中和,王喜中,丁明孝. 细胞生物学. 4版. 北京:高等教育出版社,2011.
第六章 细胞的能量转换——线粒体和叶绿体

本节练习

一、思辨题

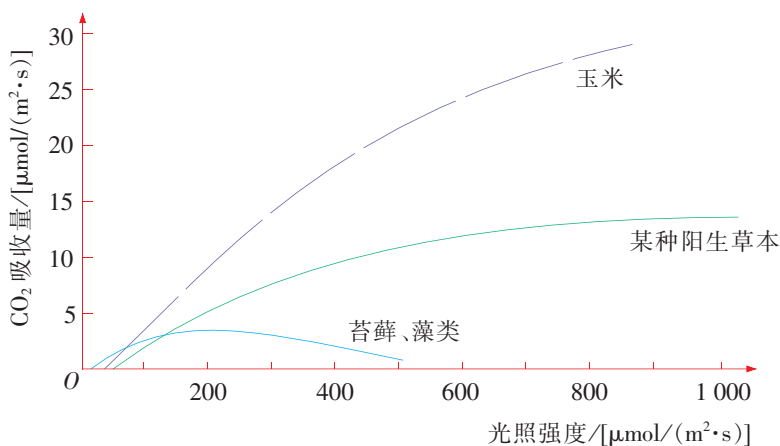
1. 鸢尾是一种常见的观赏植物。生物学兴趣小组在5月的白天中,对鸢尾植株不同部位的成熟叶片(不做遮光处理)进行检测,一般不能直接测得的是 ()

- A. 氧气释放量
- B. 二氧化碳吸收量
- C. 净光合速率
- D. 呼吸速率

2. 在自然环境中,哪些因素对植物的光合作用和细胞呼吸都有影响?

二、应用题

1. 从古至今,为了提高土地生产力,我国劳动人民在生产实践中总结了各种各样的方法,如轮作、套种等,设法提高作物光合作用的效率。有人测定了不同植物在不同光照强度下的生长情况并将结果绘制成下图。



不同植物在不同光照强度下的生长情况与结果比较

(1) 玉米在图中某一点上对 CO₂ 的吸收量,能代表玉米在该点上的有机物生成量吗?

(2) 如果利用 CO₂ 吸收量的大小表示植物光合速率的高低,那么,苔藓和藻类的光合速率为什么较低? 采取什么措施能够提高它们的光合速率?

(3) 通过提高 CO₂ 浓度来增加作物产量的同时,还要考虑哪些因素的影响? 农业上又该采取哪些相应的措施?

2. 每到丰收的季节,农民就会在房前屋后的晒谷场上晾晒稻谷、小麦、玉米等粮食。

(1) 农民在储藏粮食前,为什么要先晾晒粮食?

(2) 晾晒好的粮食放入粮仓中保存,还会受到哪些环境因素的影响?

(3) 果蔬储藏时需要先晾晒吗? 果蔬保鲜储藏时,需要考虑哪些环境条件?

3. 新疆产的哈密瓜特别甜,这与当地的气候条件(如昼夜温差大)有关。如果让我们在其他地区采用大棚种植哈密瓜,上述事实会对我们有何启示?

很多农民通过深施碳酸氢铵肥料、增施有机肥料和实施秸秆还田,促进土壤中微生物发酵等过程,来增加作物所处生活环境中的二氧化碳浓度,以提高作物产量。在塑料大棚和玻璃温室内,农民还通过二氧化碳发生装置,直接施放二氧化碳,以增加作物的产量。

提出问题

小组讨论,提出一个问题,如“二氧化碳浓度对植物的光合作用有影响吗”。

实验器材和试剂

黑藻;1 cm³ 移液管、橡胶管、铁架台、100 cm³ 塑料大针筒、台灯;NaHCO₃、蒸馏水。

作出假设

根据提出的问题,作出假设。例如,针对上述问题,作出假设,如“二氧化碳浓度对植物的光合作用有影响”“随着二氧化碳浓度的升高,光合速率也升高”或“随着二氧化碳浓度的升高,光合速率降低”。

设计和实施实验

氧气是植物光合作用的产物,可以通过植物释放氧的速率来估量光合速率。针筒内水生藻类光合作用释放出的氧导致气压上升,而气压上升会导致移液管内的液面下移。通过观察液面的移动情况,便可得知光合速率的变化。

建议:NaHCO₃ 在溶液中不稳定,易分解生成二氧化碳。考虑以下问题:如何用 NaHCO₃ 配置不同浓度梯度的溶液以表示不同浓度的二氧化碳? 如何配置不含二氧化碳的溶液?

1. 配置质量分数分别为 5%、10%、15%的 NaHCO₃ 溶液各 100 mL。
2. 将 100 mL 蒸馏水烧开后,冷却至室温,作为不含二氧化碳的溶液。



安全使用加热器具!

3. 选取四株大小相似的黑藻,如右图所示,组装成四组实验装置。在针筒中分别加入 100 mL 烧开冷却后的蒸馏水和上述不同浓度梯度的 NaHCO₃ 溶液。

4. 调校针筒活塞的位置,使移液管中的溶液液面停在移液管的上半部。

5. 在距离黑藻 10 cm 处放置台灯,作为光源。

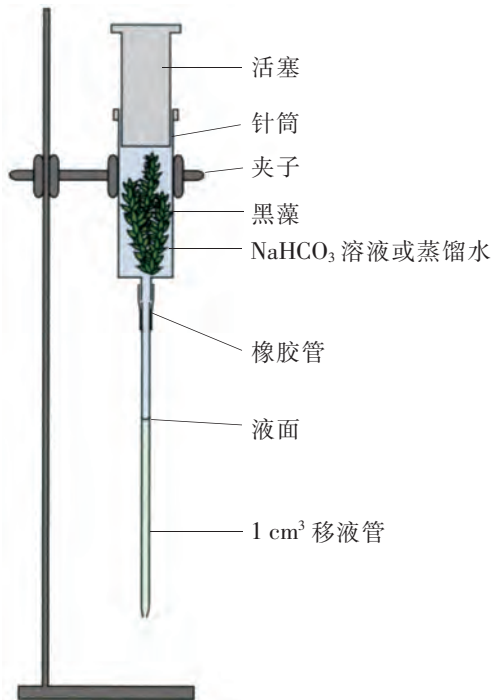
6. 静置 10 min 后,记录移液管中液面的起始位置;15 min 后,再测量及记录液面高度的变化。

建议:当液面降至移液管的下半部时,便要调校针筒活塞的位置,使液面回到移液管的上半部。

结果与分析

黑藻的光合速率随着二氧化碳浓度的变化而发生改变,说明二氧化碳浓度对光合作用有一定影响。

本实验仍有需要改进的地方,如减小黑藻成熟程度的差异、减少灯光对针筒内水温变化的影响,以尽量保持实验变量的单一。



探究二氧化碳浓度对光合作用影响的实验装置

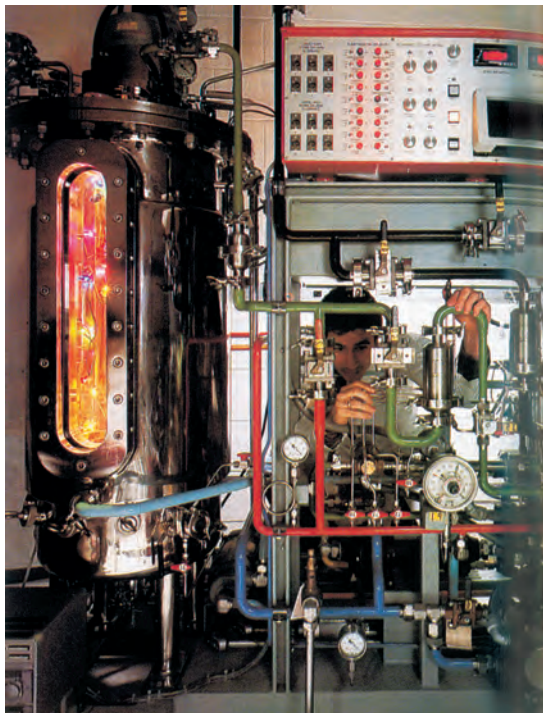
细胞呼吸和发酵技术

“发酵”一词来自拉丁语“发泡”，原意是指酵母菌作用于果汁或发芽的谷物而产生CO₂的现象。现在把利用微生物或其他生物细胞在有氧或无氧条件下繁殖或积累代谢产物的过程都称为发酵。

现代发酵技术将微生物学、生物化学和化学工程等学科的基本原理有机结合，在发酵罐中充分利用微生物或其他生物细胞的代谢活动，生产各种有用的物质。

发酵技术的应用非常广泛。青霉素、链霉素、红霉素等抗生素是通过发酵技术生产的。干扰素、胰岛素、生长激素等药物，预防疟疾、狂犬病、脊髓灰质炎等的疫苗，也可以通过发酵技术生产。利用发酵技术可以生产啤酒、果酒和白酒等。乳酸类、柠檬酸类饮料的生产也与乳酸菌、黑曲霉菌等的发酵有关。味精(谷氨酸钠)、酱油、醋和单细胞蛋白等也是发酵产品。此外，发酵技术还广泛应用于垃圾、废水的处理和沼气生产等方面。

随着现代生物技术的发展，发酵技术的应用将越来越广泛。



一种工业用发酵装置

走近职业



园景开发工作者在进行校园绿化养护

园景开发工作者

园景开发工作者参与绿化规划，从事园景绿化工作，为城乡提供最新本地苗木信息，还承接不同规模的园林绿化及养护工程，提供适宜各地生长的园林植物、经济植物和用于防风固沙的各类苗木。园景开发工作者需有一定的美术基础，能把自然景观与人文景观有机结合，创造具有诗情画意的园林环境。

许多毕业于农业大学或林业大学园艺专业或接受过相关培训的人在从事园景开发工作。



如果想要更多地了解本职业的相关情况，可访问我国关于职业介绍的网站。

本章小结

概念回顾

●细胞的生命活动需要酶和 ATP。酶和 ATP 的主要内容可以简要归纳和概括为下表。

酶和 ATP 的主要内容列表

	化学本质	功能	实质	主要特性	影响因素
酶	绝大多数酶是蛋白质	生物催化剂	降低生化反应所需的活化能	专一性、高效性	pH、温度等
ATP	腺苷三磷酸	直接能源物质	生命活动的直接能源物质	通过基团转移提供能量	合成时需要酶、ADP、Pi、能量

●植物细胞通过叶绿体进行光合作用。光合作用包括光反应(发生在类囊体)和暗反应(发生在叶绿体基质)两个阶段。类囊体膜上含有叶绿素和类胡萝卜素等,它们能从太阳光中捕获能量,用于合成 ATP 和 NADPH。在二氧化碳和水转变为糖并释放氧气的过程中,ATP 和 NADPH 中的能量转化并储存为糖分子中的化学能。

●细胞呼吸包括有氧呼吸和无氧呼吸。生物通过细胞呼吸将储存在有机分子中的能量转化为生命活动可以利用的能量。细胞有氧呼吸的场所包括细胞质基质和线粒体,需要氧的参与;细胞无氧呼吸的场所是细胞质基质,不需要氧的参与。

素养提升

●针对“探究影响酶促反应速率的环境因素”等实验活动,能设计实验计划,展开探究活动,分析得出结论;并能举例说明酶在生活、生产中的应用。

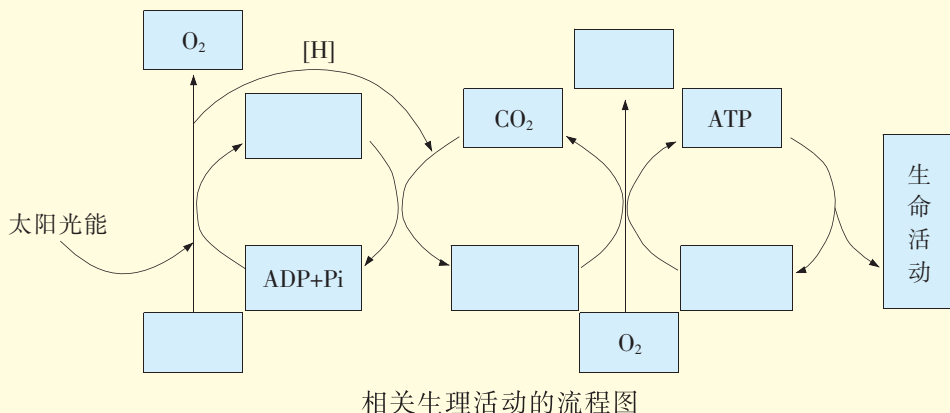
●基于探究酶本质和发现光合作用的科学事实,认同实事求是的科学精神和严谨的科学态度。

●基于光合作用、细胞呼吸的生物学事实,认同物质代谢和能量代谢维持了生物的生命活动。

●基于科学探究的基本思路和方法,能设计并解决与生产和生活相关的简单问题。例如,运用光合作用和细胞呼吸的原理,能在农业生产中解决农作物产量提高、粮食储藏等问题,能在日常生活中解决果蔬保鲜等问题。

本章练习

1. 有同学采用流程图对本章所学的内容进行归纳(下图)。先帮他完善流程图,再思考有关问题。



(1) 植物细胞的叶绿体是如何利用太阳光能进行光合作用的? 在光合作用过程中,物质和能量发生了什么变化?

(2) 举例说明生物如何通过细胞呼吸将储存在有机物中的能量转化为生命活动可以利用的能量。

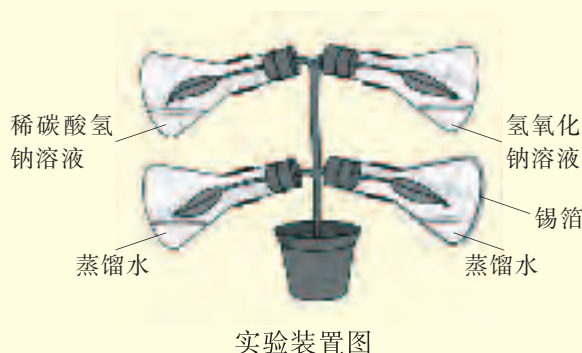
(3) 有人认为,光合作用过程都是在叶绿体中进行的,细胞呼吸过程都是在线粒体中进行的。这种观点正确吗? 尝试说明理由。

2. 有同学设计并开展了一项有关光合作用所需原料的探究活动,具体装置如右图所示。

(1) 图中植株上的四片绿叶均经过 24 h“暗处理”,再照光,这一设计的原理是什么?

(2) 对四个烧瓶分别处理,目的是什么?

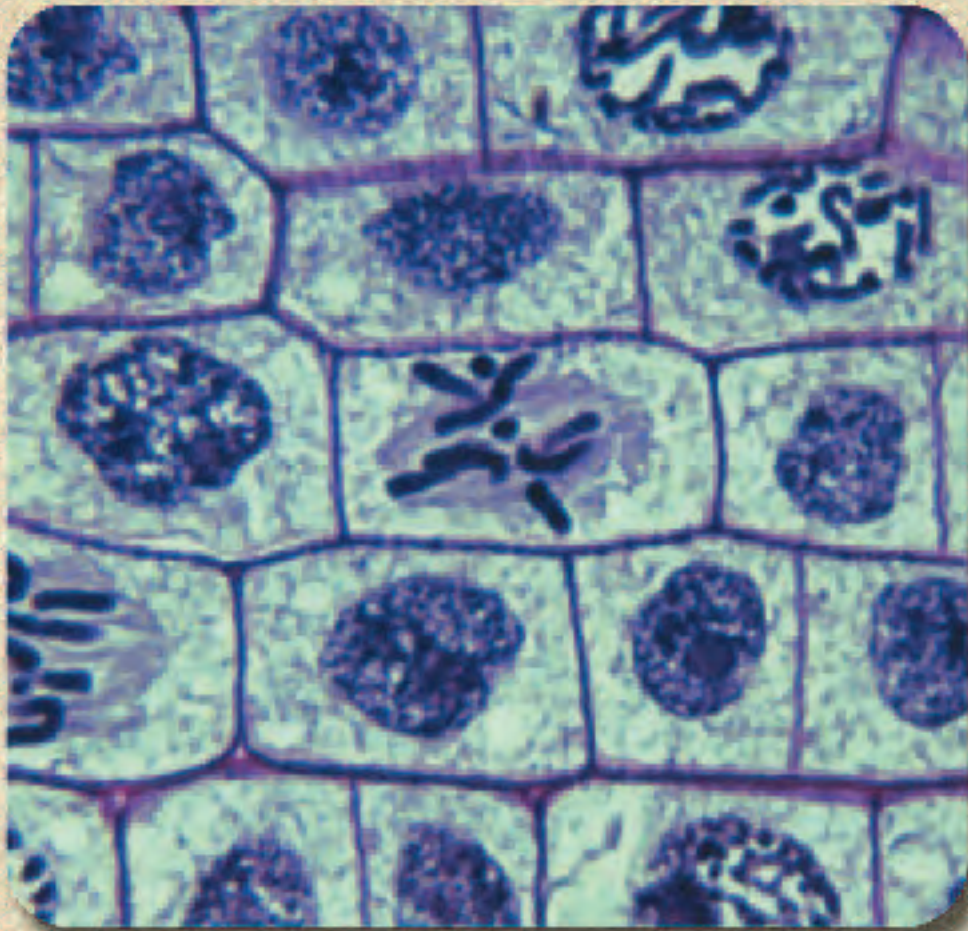
(3) 这一探究活动除了说明二氧化碳是植物光合作用的原料之一外,还能说明什么?



3. 设施农业是在环境相对可控的条件下,采用工程技术手段进行高效生产的一种现代农业方式。大棚种植是设施农业的重要组成部分。如果由我们来管理一个栽培番茄的塑料大棚,怎样利用好影响光合作用和细胞呼吸的环境因素,提高番茄产量?



如果想要更多地了解与本章有关的内容,可访问:
植物生理学、生物化学、细胞生物学、生物技术等相关的网站。



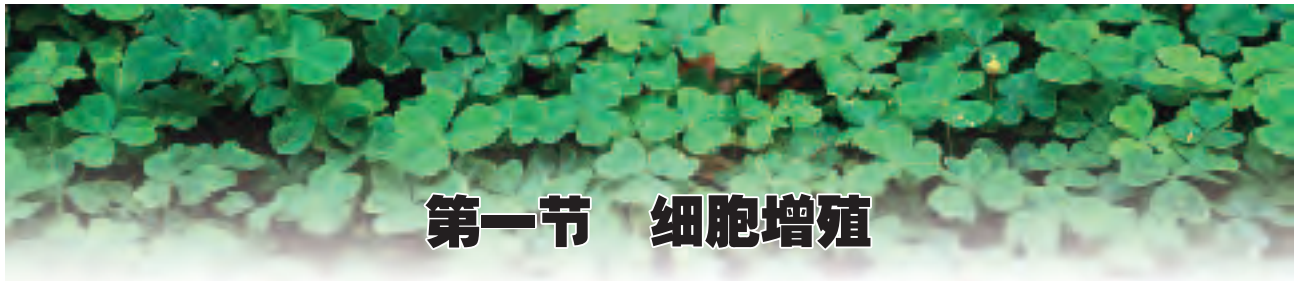
洋葱根尖细胞有丝分裂图(1 200×)

第四章

细胞增殖、分化、衰老和死亡

吐故纳新,原指人呼吸时吐出浊气,吸进新鲜的空气。在我们“吐故纳新”时,机体里的一些细胞可能正在增殖、分化、衰老和死亡。增殖与分化,给人带来了生机与希望;衰老与死亡,同样美丽,因为它们也是完整生命历程中不可或缺的。

那么,细胞是如何增殖和分化的呢?它们与个体发育有什么关系?细胞为什么会衰老、死亡?细胞的衰老和死亡对生物体正常的生命活动有什么意义?细胞的增殖、分化、衰老和死亡,与我们每个人健康生活有什么关系呢?



第一节 细胞增殖

农作物的产量不可能无限增加,因为这不仅取决于阳光是否充足、土壤是否肥沃、降雨是否适量等外界条件,还取决于农作物自身。实验表明,在农作物生长过程中,与细胞数量的增加相比,细胞体积的增大似乎受到更大的限制。其原因之一是细胞相对表面积限制了细胞体积的无限增大。事实果真如此吗?



积极思维

什么是细胞的相对表面积?

事实:

用琼脂块模拟细胞,进行以下实验:将琼脂块切成边长分别为 4 cm、2 cm、1 cm 的正方体,分别计算它们的表面积和体积;将边长为 4 cm 的正方体琼脂块切成 64 块边长为 1 cm 的正方体琼脂块,如图 4-1-1 所示。

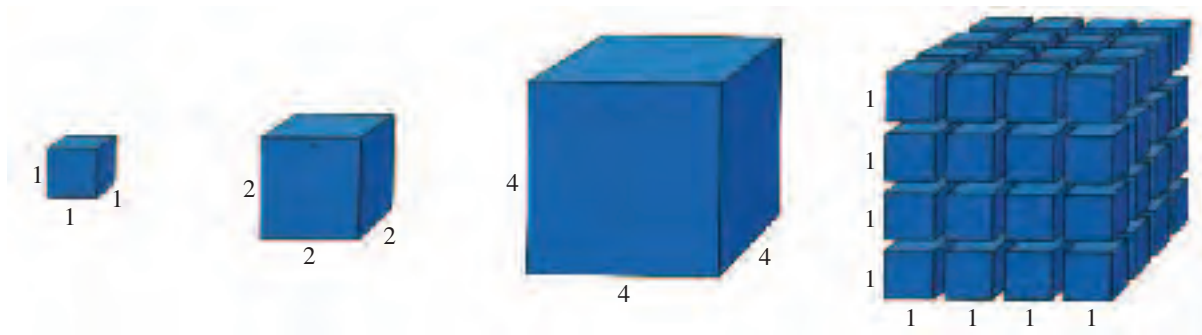


图 4-1-1 用不同大小的琼脂块模拟细胞表面积与体积之比

思考:

1. **分析** 数据计算和列表比较是实验数据的整理过程。根据上图,完成相关数据的计算并填写表 4-1-1。

表 4-1-1 模拟细胞表面积与体积关系的记录表

琼脂块的边长/cm	表面积/cm ²	体积/cm ³	相对表面积(表面积与体积之比)
1			
2			
4			

2. **推理** 根据上述数据,通过推理,能发现琼脂块的相对表面积与琼脂块体积的关系吗?

细胞无限长大会减小细胞的相对表面积,这对细胞的生命活动有什么影响呢?生物体的生长真的主要是细胞增殖的结果吗?

生物体的生长主要是细胞增殖的结果

春天的雨后,竹林中的竹笋会快速长高,说明植物体遇到适宜的环境生长得很快。多细胞生物体体积的增大,与细胞数量增多和细胞体积增大有关。科学家研究发现,多细胞生物体在生长发育过程中,机体体积不断增加,而细胞的体积并没有相应地增大。

细胞的直径是细胞的重要特征,各类细胞的直径有一定的规律。一般而言,多数动物和植物细胞的直径为 $20\sim 30\ \mu\text{m}$ 。合适的细胞体积能保证细胞与周围环境进行正常的物质和信息交换,保证细胞内物质运输和信息传递的正常进行。

当细胞体积增加过大时,细胞的相对表面积就变小,细胞与周围环境的物质和信息交换的效率也可能会降低,这会影响到细胞核对细胞的控制,不利于细胞生命活动的进行。

更多的研究表明,受多种因素的限制,生物体的细胞不能无限长大。可见,细胞增殖(cell proliferation)使细胞数量增多,是生物体生长的主要因素之一。

细胞增殖和有丝分裂

细胞增殖是生物体生长、发育、生殖和遗传的基础。细胞以分裂的方式进行增殖。真核细胞的分裂方式包括有丝分裂(mitosis)、无丝分裂(amitosis)和减数分裂(meiosis)。科学家采用放射性同位素标记法,用 ^{32}P 标记蚕豆根尖细胞中的 DNA,观察细胞在有丝分裂时由物质准备到分裂的过程,发现细胞增殖具有一定的周期性,并将连续分裂的细胞,从一次细胞分裂结束开始,经过物质准备,直到下一次细胞分裂结束为止的过程,称为一个细胞周期(cell cycle)(图 4-1-2)。一个细胞周期就是一个细胞的生命周期。一个细胞周期(以进行有丝分裂的细胞为例)一般可分为分裂间期(interphase)和分裂期(mitotic phase)。



在生物学研究中,常用放射性同位素标记研究对象。从物理学视角看,同位素都有放射性吗?在 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 、 ^{59}Fe 中,哪些是放射性同位素?

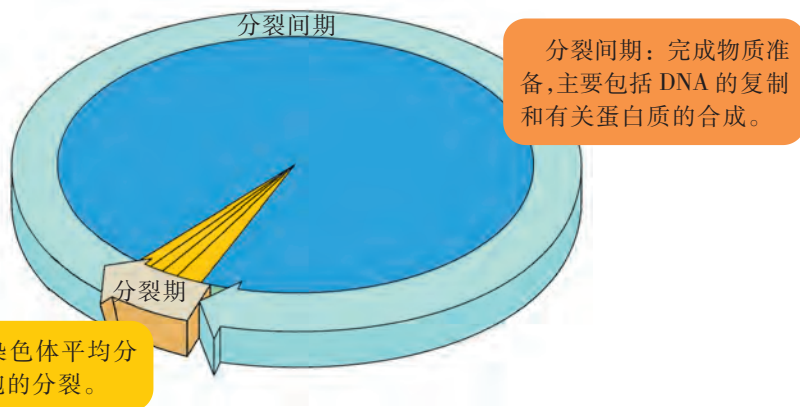


图 4-1-2 细胞周期(以进行有丝分裂的细胞为例)示意图

一个细胞周期的大部分时间都处于分裂间期，少部分时间处于分裂期，进行有丝分裂。分裂间期的细胞在完成 DNA 复制和有关蛋白质合成的同时，细胞适度生长。此时，细胞核中的染色质呈丝状。有丝分裂是真核生物进行细胞分裂的主要方式。有丝分裂期是一个连续的过程，人们为了研究方便，一般将其分为前期、中期、后期和末期。

动物细胞在有丝分裂过程中，染色体、纺锤体(spindle)、核膜和核仁等结构会出现规律性的变化(图 4-1-3)。

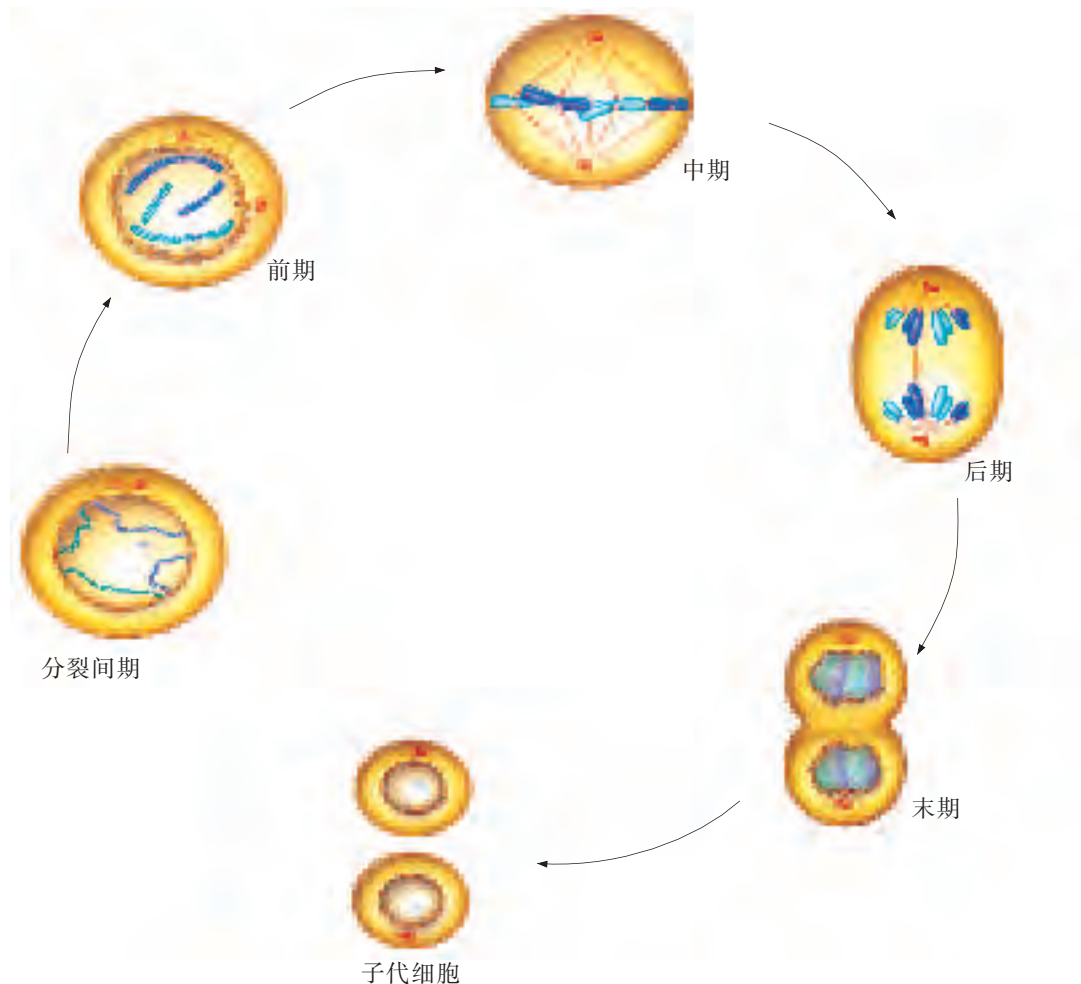


图 4-1-3 动物细胞分裂间期和有丝分裂过程示意图

着丝粒和着丝点是染色体结构(图 4-1-4)的重要组成部分,它们的结构成分联系紧密,功能方面密切相关,构成了高度有序的整合结构。着丝粒连接两条姐妹染色单体;在电镜下,着丝点为圆盘状结构,其外侧主要与纺锤体微管相连,内侧与着丝粒相互交织。

中心体常在细胞分裂间期进行复制。纺锤体主要由微管及其结合蛋白组成,动物细胞分裂前期星射线的形成和两个中心体向两极的运动,标志着纺

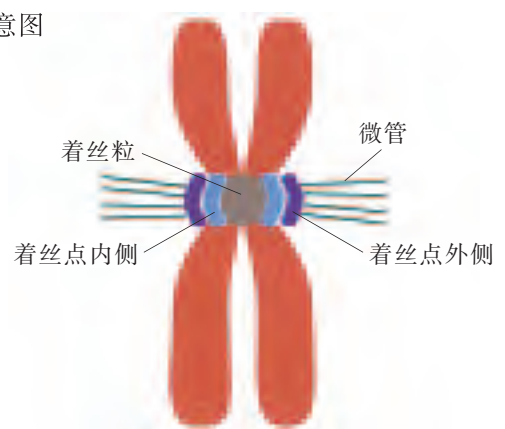


图 4-1-4 着丝粒、着丝点示意图

锤体装配的开始。组成纺锤体的微管与染色体的着丝点连接,在纺锤体微管的作用下,染色体移动到细胞相应的位置上。

前期:复制后的染色质经螺旋化(凝缩)等过程,逐渐变短变粗,形成在光学显微镜下可辨的染色体。此时,每条染色体含有两条姐妹染色单体,由一个着丝粒相连接。随着核仁逐渐消失、核膜解体,染色体看似散乱地分布在细胞中。两个中心体分别移向细胞两极,并发出星射线形成纺锤体。

中期:每条染色体上的着丝点与纺锤丝相连,在纺锤丝等结构的作用下,染色体向细胞中央的赤道面(细胞中央类似地球赤道的位置)方向移动,使每条染色体的着丝粒排列在赤道面上。此时,细胞中染色体的形态比较清晰,是计数染色体数量的适宜时期。

后期:每条染色体中的两条姐妹染色单体分离,在纺锤丝的作用下分别向细胞两极移动。此时,细胞中染色体的数量加倍,形成了两套相同数量的染色体。

末期:到达细胞两极的染色体去凝缩,逐渐变为丝状的染色质,同时,纺锤体消失,核膜重新形成,核仁重新组装,新的细胞核逐渐形成。

在动物细胞分裂的一定时期,胞质也开始分裂。胞质分裂一般始于细胞分裂的后期,止于细胞分裂的末期。在胞质分裂的过程中,动物细胞的细胞质膜常表现为在赤道面位置处向内凹陷,将细胞质一分为二,一个亲代细胞缢裂成两个体积基本相等的子代细胞。

与动物细胞相比,植物细胞不含中心体,也没有星射线,但在分裂前期仍能由细胞两极发出纺锤丝形成纺锤体;植物细胞在胞质分裂中常表现为在赤道面形成细胞板(cell plate),细胞板由中央向四周扩展形成新的细胞壁,将一个亲代细胞分裂成两个子代细胞。

绝大多数动植物的体细胞以有丝分裂的方式增殖。在分裂间期,染色体复制(主要是DNA复制)一次,在有丝分裂中,细胞分裂一次,分裂结果是染色体平均分配到两个子代细胞中,这保证了子代细胞与亲代细胞中遗传信息的一致性。



根据动物细胞和植物细胞在结构上的不同,尝试推理这两种细胞在有丝分裂过程中存在的差异。

问题与讨论

真核生物中,除了动物、植物外,还有真菌。真菌细胞与植物细胞一样,有细胞壁,无中心体。

我们能根据植物细胞有丝分裂的过程,描述真菌细胞有丝分裂的过程吗?



走进实验室

观察植物根尖细胞有丝分裂

植物根尖的分生区细胞是具有有丝分裂能力的细胞。这些细胞的分裂是独立进行的,所以在一个根尖的分生区可以观察到不同分裂时期的细胞。观察植物根尖细胞有丝分裂的实验材料一般是洋葱或大蒜,因为这些植物细胞中的染色体数量较少。为了能在光学显微镜下看清楚染色体或染色质的行为变化,还需要对根尖进行解离、漂洗、染色、压片等操作。

实验目的

1. 观察植物细胞的有丝分裂过程,说出细胞分裂间期和有丝分裂期的主要特征。
2. 学会使用光学显微镜(特别是高倍镜),学习制作临时玻片标本的方法,掌握将观察到的细胞分裂图像绘制出来的技能。

实验原理

1. 幼根根尖的分生区生长旺盛,细胞常处于分裂的不同时期,选择幼根根尖制作临时玻片标本,可观察到细胞有丝分裂中染色体变化的现象。
2. 根尖材料经解离后,细胞相互分离,便于压片时将细胞分散开。
3. 采用碱性染料对染色体或染色质进行染色,以便于观察。

实验器材和试剂

洋葱或大蒜根尖;光学显微镜、烧杯、试管、载玻片、盖玻片、培养皿、刀片、剪刀、镊子、滴管、滤纸片、吸水纸;清水、盐酸(质量分数 15%)、酒精(体积分数 95%)、苯酚品红溶液等。

实验步骤

1. 培养洋葱或大蒜根尖:

实验前 5~6 天,取洋葱或大蒜鳞茎,清洗底部,并用刀片适当削去部分底部组织,放在装满清水的烧杯(或试管)上,让其底部与水面接触,在温暖的地方培养,注意换水。待根生长至 2~5 cm 时,可剪取或切下生长健壮的根尖(乳白色部分是分生区),供实验用(图 4-1-5)。



图 4-1-5 洋葱和大蒜根尖培养图

2. 制作玻片标本:

解离 上午 10 时至下午 2 时一般是洋葱或大蒜根尖细胞有丝分裂的活跃期,可在这段时间内剪取 3~5 mm 长的洋葱或大蒜根尖,放入盛有解离液(由质量分数为 15% 的盐酸和体积分数为 95% 的酒精按体积比 1:1 配制而成)的培养皿中,在室温下解离 3~5 min。



盐酸有腐蚀作用,切勿触及眼和皮肤。

漂洗 待根尖酥软后,用镊子取出,放入盛有清水的培养皿中漂洗,时间约 10 min。

染色 把漂洗好的根尖放入盛有苯酚品红溶液的培养皿中,染色 3~5 min。

建议: 配制苯酚品红溶液的方法是,将融化的 25 mL 苯酚加入 50 mL 体积分数为 95% 的酒精溶液中,再将 5 g 碱性品红溶解其中,充分溶解后过滤,4℃ 保存。用蒸馏水稀释至 500 mL,1~2 周后使用效果好。

压片 用镊子将染色后的根尖取出,放在载玻片上的水滴中央(用吸水纸吸去浮色),再用镊子尖把根尖弄碎,盖上盖玻片,覆盖一张滤纸片后,加盖一片载玻片。然后,用拇指轻轻按压载玻片,这样就可以使细胞分散开来。

3. 观察:

(1) 先用低倍镜找到分生区细胞,再换用高倍镜仔细观察。

(2) 观察各分裂时期的细胞,将图 4-1-6 中各时期的细胞分裂简图绘制完整。

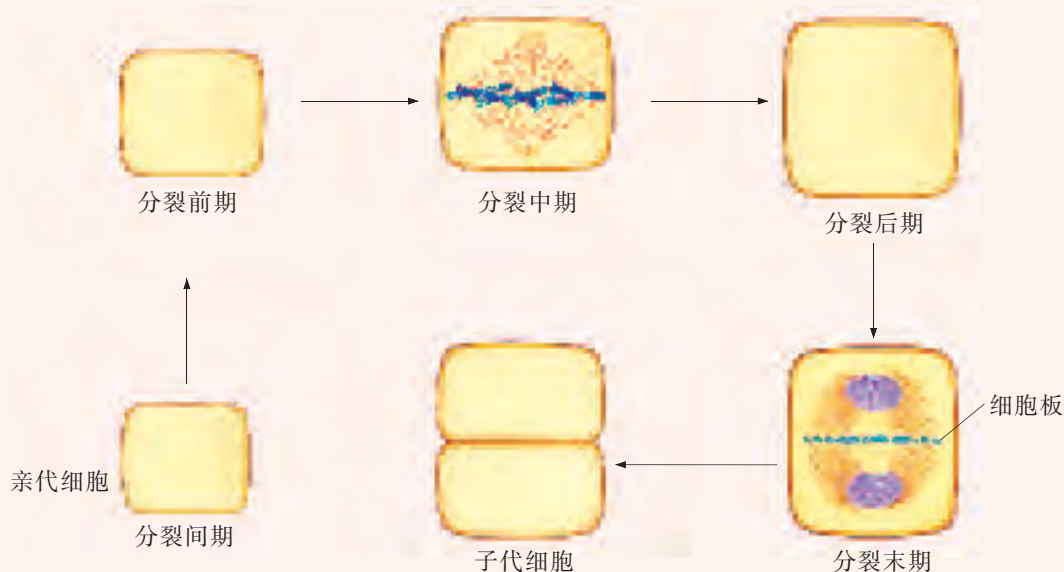


图 4-1-6 植物根尖细胞分裂间期和有丝分裂过程示意图

结果与分析

在低倍镜下找到处于细胞分裂期较多的部位,再换用高倍镜,可以观察到细胞有丝分裂各时期的图像;对洋葱或大蒜根尖细胞进行解离、漂洗、染色和压片等处理后,可以比较清晰地观察和辨识细胞有丝分裂各时期的图像。

通过预实验,可以确定根尖细胞分裂比较旺盛的具体时间段。选择在这些时间段剪取根尖并进行实验,效果会更好。剪取根尖的时间不同(如上午、中午或下午),是否影响观察效果?

减数分裂和无丝分裂

减数分裂是一种特殊的有丝分裂,是产生有性生殖细胞的分裂方式。与细胞有丝分裂不同的是,细胞减数分裂仅进行一次染色体复制,细胞连续分裂两次,产生的生殖细胞染色体数量减半。例如,人的体细胞含有 23 对染色体,每对染色体中的一条来自父方,另一条来自母方,通过减数分裂产生的精子和卵子只含有体细胞染色体数量的一半,即 23 条染色体。精卵结合形成的受精卵又恢复为 23 对染色体。受精卵再通过有丝分裂和组织分化等,形成胎儿(图 4-1-7),新个体的体细胞中有 23 对染色体。

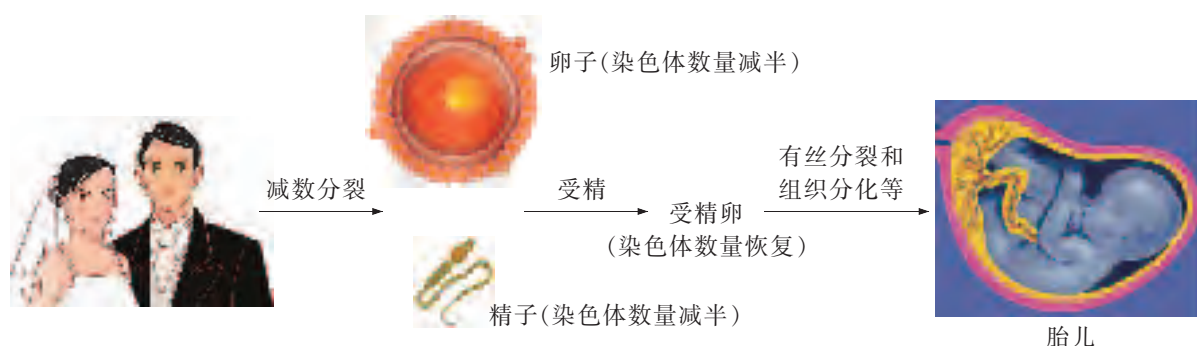


图 4-1-7 由减数分裂产生的生殖细胞在结合后通过有丝分裂形成胚胎的示意图

无丝分裂过程相对简单,在分裂过程中,细胞内没有染色体和纺锤体等结构的出现。细胞无丝分裂的过程一般是:细胞核先延长,核从中部缢裂成两个子细胞核,接着整个细胞也从中部缢裂成两个子代细胞(图 4-1-8)。

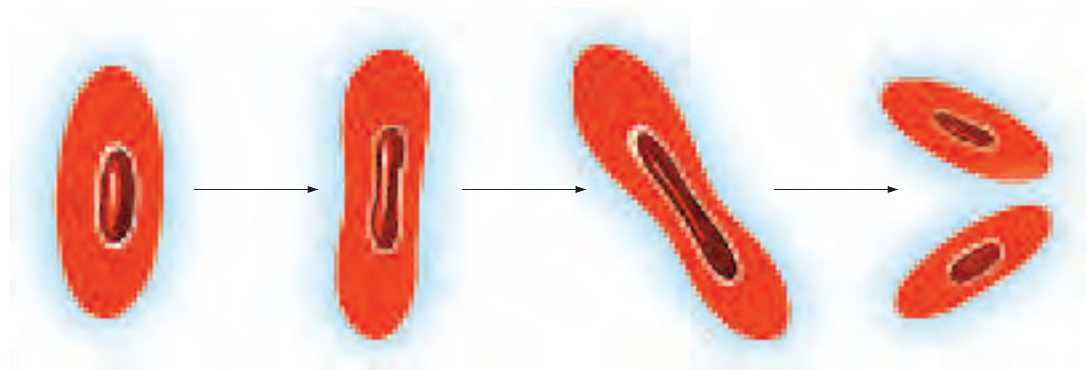


图 4-1-8 无丝分裂示意图

在高等动物体内,某些迅速增殖的组织,如口腔上皮细胞、伤口附近的细胞和体外培养的动物细胞,可以通过无丝分裂的方式形成新细胞。目前,多数科学家认为,无丝分裂并不是真核细胞的一种正常的普遍分裂方式。

本节练习

一、思辨题

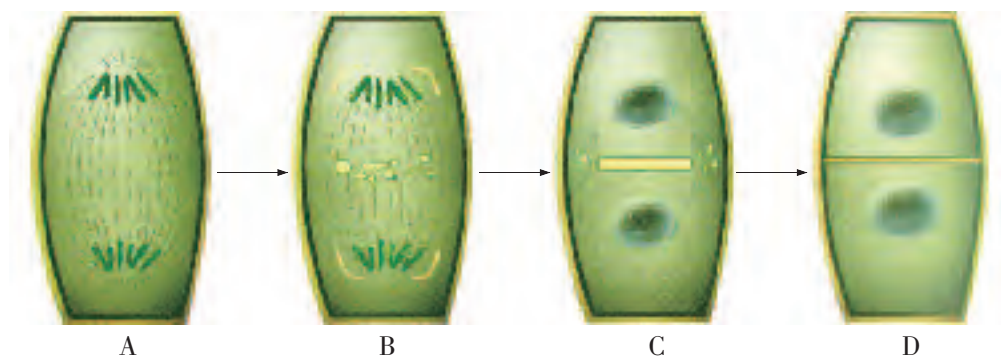
1. 在制作和观察洋葱根尖细胞有丝分裂玻片标本时,我们会发现 ()

- A. 在细胞有丝分裂过程中,中心体和纺锤体会周期性同时出现和消失
- B. 将细胞放置于解离液中,细胞停止分裂,染色体继续变短变粗
- C. 对根尖细胞漂洗后进行染色,可使染色体的形态更加清晰
- D. 在显微镜视野中,处于后期的细胞染色体最短最粗

2. 在细胞有丝分裂过程中,染色体数量和 DNA 分子数量会发生规律性的变化。阐明引起这些变化的原因。

二、应用题

1. 观察分裂期的细胞玻片标本,是人们研究细胞周期规律的基础。某同学在观察植物根尖细胞有丝分裂临时玻片标本的过程中,结合所学知识,绘制了下图。



细胞有丝分裂过程中染色体变化模式图

(1) 该同学认为,上图显示了细胞从分裂后期到分裂结束的过程。他的观点正确吗?为什么?尝试描述这一过程中发生了什么变化。

(2) 根据上面的模式图,画出该细胞有丝分裂的前期和中期的图像。

2. 生产实践中常需要进行数据分析。数据分析是分析实验过程和结果的重要方法。例如,记录生物 A 细胞周期的相关数据如下表(表中 G_1 期为从上次分裂结束至 DNA 复制之前的一个时间间隔,S 期为 DNA 合成期, G_2 期为从 DNA 复制完成至细胞分裂之前的一个时间间隔)所示。

生物 A 细胞周期相关数据表

细胞周期	分裂间期			分裂期
	G_1 期	S 期	G_2 期	
时间/h	9	10	2	1

(1) 根据表中数据,尝试绘制细胞周期饼状或柱状示意图。

(2) 分析表中数据,总结生物 A 细胞周期的特点。



如果想要更多地了解与细胞分裂有关的知识,可参考下列资料。

翟中和,王喜中,丁明孝. 细胞生物学. 4 版. 北京:高等教育出版社,2011.

第十三章 细胞周期与细胞分裂

细胞周期包括分裂间期和分裂期,分裂期可分为前期、中期、后期和末期。在细胞周期中,细胞中的 DNA、染色体、姐妹染色单体会发生变化。

提出问题

提出一个想要探究的问题。例如,什么情况下遗传物质分配不均,产生两个不同的子代细胞?

推荐器材

白色纸板,各种颜色的粗、细毛线,剪刀,回形针,铅笔,橡皮等。

作出假设

针对问题,作出假设。例如,针对上述问题,作出“在分裂后期,姐妹染色单体没有分开,遗传物质不均等分配,产生两个不同的子代细胞”的假设。

设计与实施活动

小组讨论建构模型的注意事项和有关材料。

建议:(1)考虑能否利用日常生活中的材料设计、制作模型。例如,用铅笔在白色纸板上画出核膜、核仁、纺锤体等,表示这些结构的出现,用橡皮擦掉这些结构,表示它们的消失;用粗毛线代表染色体,用细毛线代表染色质;用回形针改制的小圆环代表着丝粒。(2)为了简化细胞有丝分裂过程,模型中可采用两对染色体(右图为两条染色体)。



两条染色体模型

1. 按照实验方案,分工合作,完成模型各部分的制作。例如,分别绘制动物细胞中与细胞分裂有关的结构,制作细胞膜、染色质、染色体、着丝粒等部分的模型。

2. 利用模型,模拟动物细胞有丝分裂的各个时期。同时,在白色纸板上绘制各时期的图像,突出各时期的主要特征,完成表格的填写。例如,模拟前期时,在白色纸板的两端画出纺锤体,同时用橡皮擦去核仁和核膜。

模拟过程记录表

	分裂间期	分裂期(有丝分裂)			
		前期	中期	后期	末期
染色体数量					
DNA 分子数量					
姐妹染色单体数量					
主要特征					

结果与分析

如果在分裂后期有一对姐妹染色单体没有分开,那么,会造成遗传物质分配不均等,形成两个不同的子代细胞。

细胞周期调控的分子机制



哈特维尔



纳斯



亨特

20 世纪 70 年代初,哈特维尔(L. Hartwell, 1939—)选择一种酿酒酵母作为实验材料,这是一种非常适合于进行细胞周期研究的生物,因为可以很容易地观察到它在细胞周期中所发生的形态变化。哈特维尔做了一系列非常精巧的实验,获得了控制细胞周期的基因已发生变异的酿酒酵母,分离它们,再与正常的酿酒酵母比较,结果成功地发现了 100 多个与控制细胞周期密切相关的基因,即细胞分裂周期基因(*cdc* 基因)。

20 世纪 70 年代末至 80 年代,纳斯(P. Nurse, 1949—)从粟酒裂殖酵母中分离出 *cdc2* 基因。纳斯的研究最终证明, *cdc2* 基因在细胞周期中共有两种功能,既控制着从 G_1 期到 S 期的过渡,又控制着从 G_2 期到 M 期(分裂期)的过渡。

亨特(R.T. Hunt, 1943—)用一种海胆进行研究,试图弄清海胆卵细胞的受精是如何触发蛋白质合成的。1982 年,亨特把受精卵与卵子中的蛋白质进行比较,发现受精卵中一种特殊蛋白质在细胞分裂前浓度不断上升,在下一次细胞分裂后浓度陡降。然后,这种特殊蛋白质的浓度再次上升,并在下一次细胞分裂后再度陡降。结果表明,这种周期性的蛋白质降解现象是细胞周期中的一种重要且常见的调控机制。由于这种周期性的变化,亨特把这种蛋白质命名为“细胞周期蛋白”。

他们三人揭示了细胞周期的分子机制,共同获得了 2001 年诺贝尔生理学或医学奖。

从他们三人的研究经历可以看出,选择合适的实验材料,运用恰当的科学研究方法,是科学研究取得成功的重要因素。



第二节 细胞分化、衰老和死亡

被子植物开花、传粉、受精后形成的受精卵,通过细胞分裂等过程,会发育为一株具有不同组织和器官的复杂的多细胞生物体。那么,一株植物体(如天竺葵)是由哪些形态、结构和功能不同的细胞所组成的?这些细胞又组成了哪些组织和器官呢?



积极思维

天竺葵植株中有哪些组织和器官?

事实:

1. 观察天竺葵植株,它由根、茎、叶、花等器官组成。根、茎、叶是营养器官,花、果实和种子是生殖器官。
2. 观察有关玻片标本,可以发现组成这些组织的组织有保护组织、营养组织、机械组织、输导组织和分生组织。构成不同组织的细胞在形态、结构方面存在明显差异(图4-2-1)。

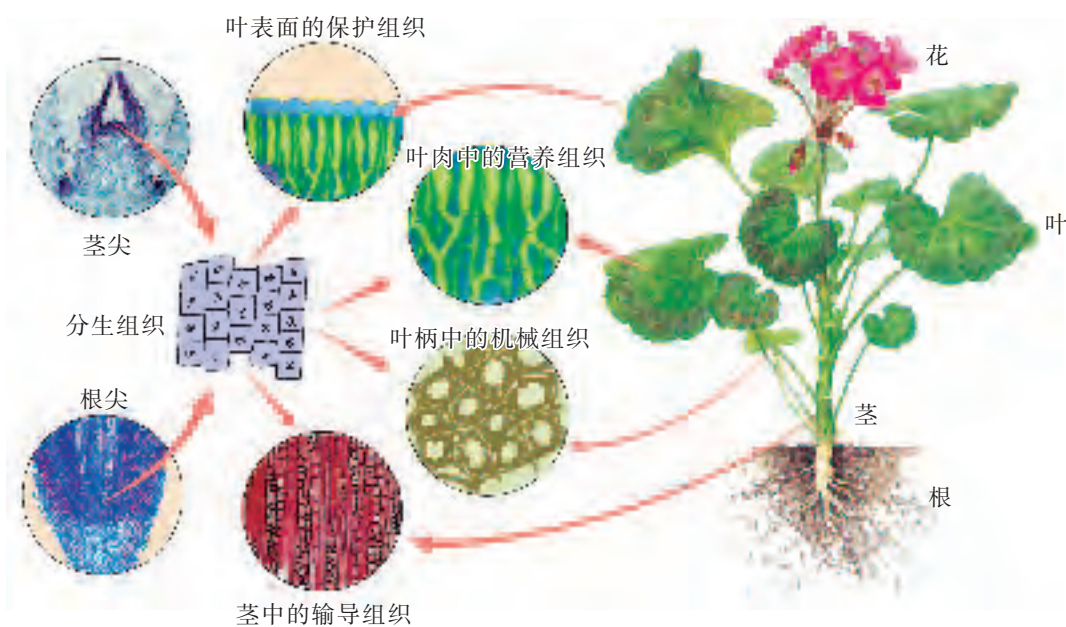


图4-2-1 天竺葵植株及其部分细胞、组织、器官示意图

思考:

分析 同一株天竺葵,不同器官、组织中的细胞都源于一个受精卵,为什么它们的形态、结构和功能会有差异?

在个体发育过程中,细胞分化能增加细胞的类型,由不同类型的细胞构成不同的组织,多种组织组成相应的器官,进而形成复杂的多细胞生物体。

细胞分化形成复杂的多细胞生物体

由一个受精卵发育而来的多细胞生物体，是由不同类型的细胞组成的。在个体发育中，细胞通过分裂实现细胞增殖，同时细胞在形态、结构和功能上也发生特异性的变化。例如，骨髓中造血干细胞(hemopoietic stem cell)分裂产生的细胞发生特异性变化，形成红细胞、血小板和多种白细胞(图 4-2-2)。在个体发育中，由一个或一种细胞经细胞分裂产生的子代细胞，在形态结构和生理功能上逐渐发生稳定性差异的过程，称为细胞分化(cell differentiation)。

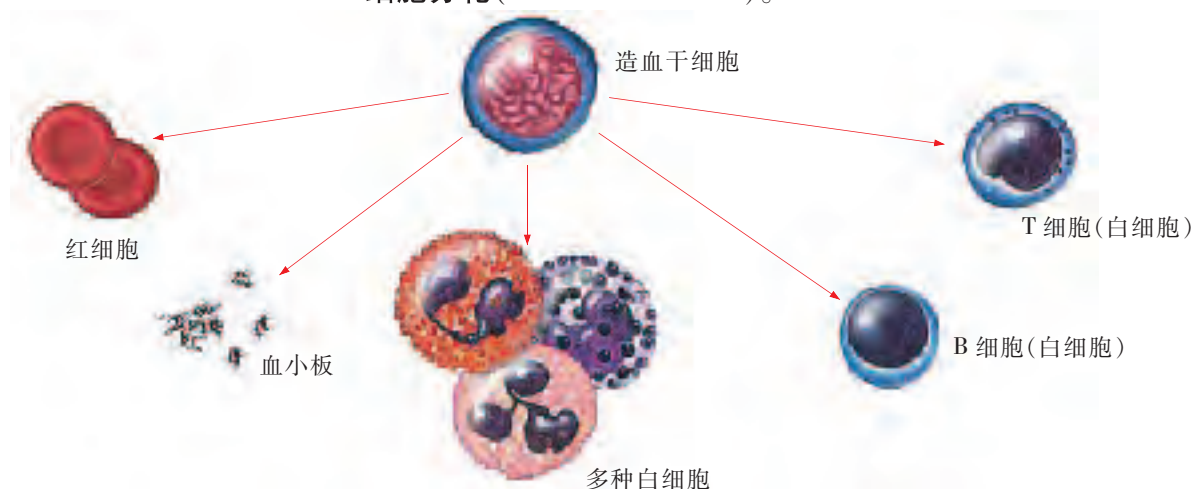


图 4-2-2 骨髓中造血干细胞分化成各种血细胞示意图

在被子植物中，叶是营养器官，由保护组织、营养组织和输导组织等构成。叶表皮细胞外侧有角质层，具有保护作用；叶肉细胞内有大量的叶绿体，能进行光合作用，营养组织细胞能储藏营养物质；输导组织参与营养物质的运输。同一片叶上不同类型的细胞在形态结构和生理功能上的差异是细胞分化的结果。

细胞分化是一种持久性的变化，一般来说，分化后的细胞将一直保持分化后的状态，直到死亡。细胞分化是生物界普遍存在的生命现象，是生物体发育的基础。在个体发育中，细胞分化能增加细胞的类型，不同类型的细胞构成了多细胞生物体的各种组织和器官，执行不同的生理功能，从而有利于提高各种生命活动的效率。

分化后的细胞仍然具有全能性

1902年，德国植物学家哈伯兰特(G. Haberlandt)在细胞学说的基础上大胆预言：离体的植物细胞既然具有本物种全套遗传信息，那么，在一定条件下应该能发育成为完整的植物体。



有生物学家认为单细胞生物也会发生细胞分化。这种观点对吗？为什么？

事实：

1958年，美国植物学家斯图尔德(F.C. Steward)等人，用胡萝卜根韧皮部的组织块进行离体培养，得到了完整的植株(图4-2-3)，且该植株能开花结果，这证实了哈伯兰特50多年前的预言，即离体的植物细胞能发育成完整的植物体。



图4-2-3 胡萝卜根韧皮部组织块的培养过程示意图

思考：

1. **分析** 图示的实验能证明植物细胞具有全能性吗？如何理解离体的植物细胞及其全能性？
2. **推理** 离体的植物细胞在怎样的条件下才能发育成完整的植物体？

上述实验表明，高度分化的植物细胞仍然具有发育成完整植株的能力，即植物细胞具有**全能性**(totipotency)。细胞的全能性是指细胞分裂和分化后，仍然具有产生完整有机体或分化成其他各种细胞的潜能和特性。



图 4-2-4 格登

那么,已经分化的动物体细胞具有全能性吗?1962年,英国科学家格登(J.B. Gurdon,1933—) (图 4-2-4)将美洲爪蟾小肠上皮细胞的核注入去核的未受精的卵细胞,结果发现一部分卵细胞发育成蝌蚪,其中的一部分蝌蚪又能继续发育为成熟的个体。1996年,哺乳动物克隆羊多莉诞生了,它是由高度分化的乳腺细胞和去核的未受精的卵细胞通过电脉冲融合而成的细胞发育而来的。继多莉羊出现后,克隆猪、克隆牛、克隆猴纷纷问世。许多研究表明,高等动物已分化的体细胞的细胞核仍然保持着全套的遗传物质,是具有全能性的。但与植物细胞相比,由单个高度分化的动物体细胞培育成新个体的过程更具有复杂性,至今未有成功案例。

知识链接

细胞工程是按照一定的设计方案,通过在细胞、亚细胞或组织水平上进行实验操作,获得重组的细胞、组织、器官以及个体,创造优良品种或产品的综合性生物工程。具体地说,细胞工程包括细胞与组织培养、细胞融合、细胞核移植、染色体工程、胚胎工程、干细胞与组织工程。

细胞工程

植物组织培养属于细胞与组织培养。现在,花粉培养、器官培养已经相继获得成功,植物快繁、脱毒和大规模培养技术也实现了产业化。克隆羊的研究属于细胞核移植,多莉羊的诞生标志着哺乳动物体细胞克隆时代的到来,小鼠、牛、猪、骡等许多动物也都获得了体细胞克隆后代。

细胞衰老和细胞死亡

细胞衰老

细胞衰老(cell aging)是一系列复杂的生理生化反应过程,发生的变化最终反映在细胞的形态结构和生理功能上。例如,细胞萎缩,细胞内的水分减少,体积变小;细胞核体积增大,核膜皱折,染色质固缩;细胞质膜通透性改变,物质运输功能降低;细胞内多种酶的活性降低,代谢速率减慢,色素逐渐积累;细胞内物质交换和信息传递受阻。

细胞为什么会衰老呢?决定细胞衰老的主要因素是什么呢?一项研究表明,从胎儿肺部得到的成纤维细胞可在离体条件下传代约 50 次,从成人肺部得到的成纤维细胞在离体条件下只能传代约 20 次。这既表明细胞的增殖能力是有限的,又说明细胞衰老与细胞自身有关。

关于细胞衰老的研究不断取得重大进展,也形成了多种关于细胞衰老机制的学说。

2009年,诺贝尔生理学或医学奖授予了美国的布莱克本(E. Blackburn,1948—)和格雷德(C. Greider,1961—)、绍斯塔克(J. Szostak,1952—)三人,以表彰他们发现了端粒和端粒酶保护染色体的机理。他们的发现为细胞衰老的端粒学说提供了依据。

端粒(图 4-2-5)是真核生物染色体末端的 DNA 重复序列,能维持染色体的稳定性。端粒酶是细胞中一种延长端粒的酶,可以延缓细胞的衰老。端粒学说认为,每次细胞分裂后,端粒 DNA 序列就会缩短一截,随着细胞分裂次数的增多,端粒不断缩短,当端粒长度缩短到一定程度时,细胞就无法继续分裂,从而导致细胞衰老与死亡。如果细胞中端粒酶一直保持很高的活性,端粒的缺损就能得到弥补,染色体的稳定性也得到维持,细胞衰老的进程就会被延缓。

有科学家提出,细胞衰老与细胞内的自由基有关。细胞内活泼的带电分子或基团在氧化反应中会产生大量的自由基。自由基常带有未配对的电子,表现出高度的反应活性,会攻击和破坏细胞内各种具有正常功能的生物分子。当自由基破坏生物膜成分中的磷脂分子时,又会产生许多新的自由基,这些自由基将会参与攻击其他生物分子,如 DNA 或蛋白质分子,最终导致细胞衰老。

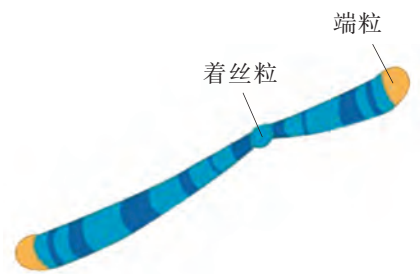


图 4-2-5 染色体端粒示意图

知识链接

基因时钟学说

有研究发现,就像基因调节机体发育一样,基因也似乎在调节衰老速度。

科学家关注到,在世界范围内,每 100 万人中就会有 1~10 人患上一种称为成人早衰症的家族性疾病。现在已经清楚,控制这种疾病的基因位于第 8 号染色体的短臂上,编码一个有 1432 个氨基

酸的蛋白质。它是一种 DNA 解旋酶,在成人早衰症患者体内这种酶有缺陷,导致患者早衰。患者多数早夭。

其他动物体研究也支持基因时钟学说。例如,在果蝇研究中发现,一种 *Indy* 基因突变,会使果蝇的寿命从 37 天延长到 70 天左右。

当然,也存在其他有关细胞衰老的学说,但每种学说都还有待于进一步发展和完善。

细胞死亡

研究发现,不论单细胞生物还是多细胞生物,在正常情况下,细胞死亡往往受细胞内遗传机制决定的“死亡程序”控制,是一个主动而非被动的生理过程,所以细胞死亡常被称为细胞程序性死亡(programmed cell death)。细胞死亡方式主要包括由细胞自噬导致的自噬性细胞死亡、细胞坏死和细胞凋亡。

细胞自噬是细胞通过溶酶体(动物)或液泡(酵母菌和植物)与双层膜包裹的细胞自身物质融合,从而降解细胞自身物质的过程。正常的动物细胞为了维持细胞内环境的动态平衡,需要不断降解功能失常或不需要的细胞结构,如各种蛋白质、细胞器。在一定条件下,细胞自噬也可以导致细胞死亡。

细胞坏死多为细胞在强烈的理化因素或生物因素作用下受到严重损伤,引起自身死亡的过程,表现为细胞胀大、核膜和细胞质膜破裂、细胞内容物外溢等。在细胞坏死时,细胞内

内容物会释放到细胞外,对周围细胞产生伤害,并引发炎症反应(图 4-2-6)。

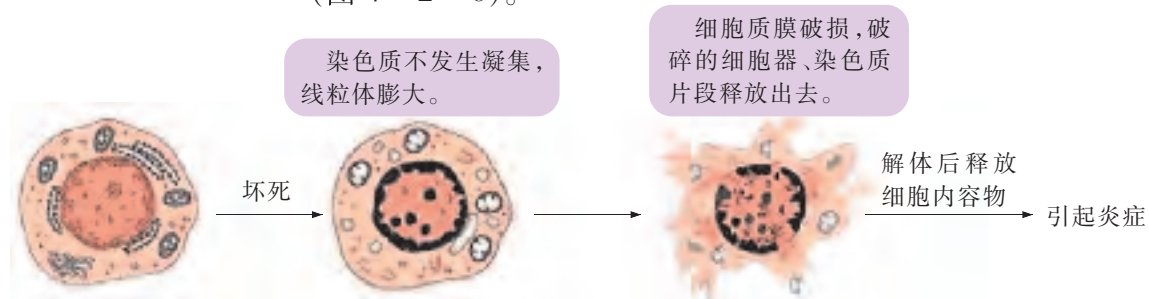


图 4-2-6 细胞坏死过程示意图

细胞凋亡(apoptosis)是由基因所决定的细胞自动结束生命的过程。细胞凋亡尤其是动物细胞的凋亡,是研究得最深入的细胞死亡方式之一。动物细胞凋亡的过程会引发细胞内一系列结构变化(图 4-2-7)。

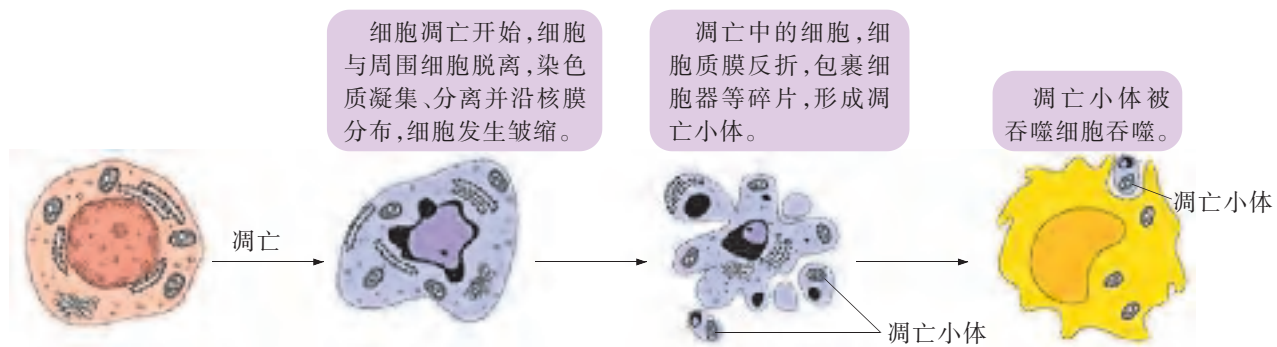
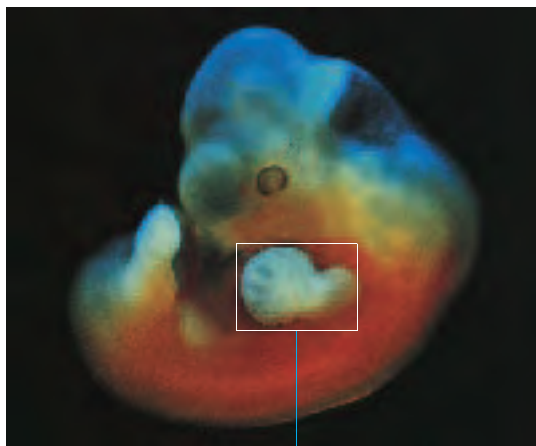


图 4-2-7 细胞凋亡过程示意图



许多病毒感染人体后,可引起细胞坏死或细胞凋亡。与细胞坏死相比,在细胞凋亡时,细胞的内容物没有释放到细胞外,不会导致炎症。

细胞凋亡在生物个体发育过程中具有重要作用。例如,蝌蚪在变态发育过程中,尾的消失就是细胞凋亡的结果;在鸡胚胎发育过程中,趾间存在蹼状物,趾间细胞经历细胞凋亡逐渐被去除,因此破壳而出的小鸡趾间没有蹼状物;在人胚胎发育过程中,胎儿手的发育也与细胞凋亡有关(图 4-2-8)。



最初手指愈合在一起

部分细胞逐渐凋亡形成手指

图 4-2-8 胎儿手的发育过程示意图

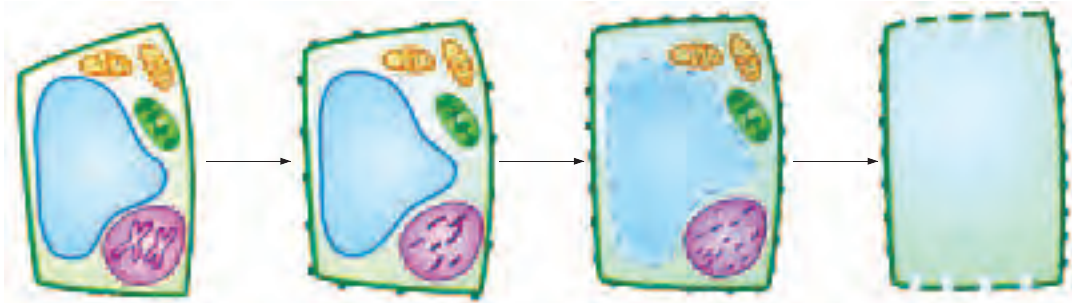
最早的有关植物细胞程序性死亡的研究报道始于 20 世纪末。研究者在拟南芥(一种植物)中发现了细胞程序性死亡现象。现在已知,细胞程序性死亡在植物中也广泛存在。

知识链接

植物细胞的程序性死亡

与动物细胞凋亡研究相比,植物细胞程序性死亡研究较晚,分子机制还不甚清楚。以木质部管状细胞(导管细胞)为例,管状细胞是植物体内负责运输和机械支持的厚壁组织细胞,成熟时都是死细胞。管状细胞的分化包括细胞伸长、细胞壁增厚和

木质化以及细胞程序性死亡过程。在管状细胞程序性死亡过程中,细胞壁增厚,液泡膜破裂,核 DNA 被迅速降解,细胞内容物被水解消化,最后只剩下细胞壁(下图)。



植物细胞程序性死亡模式图

研究表明,植物激素是影响植物细胞发生程序性死亡的因素之一。例如,乙烯、赤霉素能促进

植物细胞程序性死亡,细胞分裂素和脱落酸则能抑制植物细胞程序性死亡。

多细胞生物体每天都产生数量巨大的新细胞,同样也有大量的细胞程序性死亡,这样生物体才能不断更新,维持细胞数量上的平衡和相应的生命活动。如果细胞程序性死亡过程失控,生物体就会出现异常。因此,对生物个体的正常发育、生命活动稳定状态的维持以及抵御外界各种因素的干扰等,细胞程序性死亡具有重要作用。

目前,科学家对细胞程序性死亡的研究还在深入,这对全面认识细胞的生命活动、探究人类健康的奥秘、有目的地治疗相关疾病等,将会产生积极的作用。



如果想要更多地了解与细胞凋亡有关的知识,可参考下列资料。

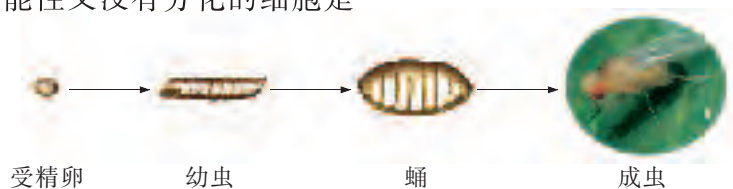
韩贻仁. 分子细胞生物学. 4 版. 北京:科学出版社,2012.

第二十二章 细胞凋亡 第二节 细胞凋亡机制

本节练习

一、思辨题

1. 下列有关细胞生命历程的叙述,与事实不符的是 ()
- A. 细胞通过有丝分裂将遗传物质传给子代细胞
B. 叶肉细胞仍然具备发育成完整植株的潜能
C. 哺乳动物成熟的红细胞是不会衰老的细胞
D. 人体细胞会发生凋亡、坏死或自噬现象
2. 腐烂的水果上常常有许多果蝇。果蝇的受精卵经过完全变态发育成为成虫。下列果蝇发育过程中,既具有全能性又没有分化的细胞是 ()



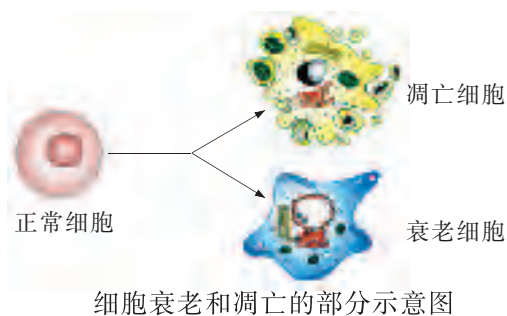
- A. 受精卵 B. 幼虫的体细胞 C. 蛹的体细胞 D. 成虫的体细胞

二、应用题

1. 对多种相似或不同事物进行比较是一种重要的思维活动,它能探寻事物的异同、本质与特性。右图是有关人体细胞衰老和凋亡的部分示意图。

(1) 分析从正常细胞到凋亡细胞和衰老细胞的生理过程是怎样发生的。两者有何异同?

(2) 细胞衰老关系到人体衰老。对于细胞衰老的研究是科学关爱生命的体现。我们能举例说出人体中某些细胞的衰老对生命活动的影响吗?



细胞衰老和凋亡的部分示意图

2. 一些科学家向成年小鼠的成纤维细胞中引入四种基因,成功地诱导形成了功能上与胚胎干细胞相似的细胞。这说明,已经分化的体细胞也能“脱分化”。尝试搜集细胞分化与脱分化的相关资料,以便后面进一步学习。

走近职业



植物组织培养技术员正在实验室进行外植体接种工作

植物组织培养技术员

植物组织培养技术员主要负责研发植物组织培养新品种,改善外植体的消毒与培养基配方,解决组织培养生产过程中存在的技术难题,完善植物组织培养的工艺流程。

许多具有农学或园艺专业专科以上学历的人在从事植物组织培养技术员的工作。



如果想要更多地了解本职业的相关情况,可访问我国关于职业介绍的网站。

本章小结

概念回顾

●细胞通过有丝分裂保证遗传信息在亲代和子代细胞中的一致性。一个细胞周期包括分裂间期和分裂期。分裂间期的细胞主要进行 DNA 复制和有关蛋白质的合成。通过有丝分裂,子代细胞中的遗传物质和亲代细胞保持一致。

●细胞的分化形成了复杂的多细胞生物体。在个体发育过程中,细胞在形态、结构和功能方面发生的特异性的变化称为细胞分化。分化后的植物细胞仍然具有全能性。

●在正常情况下细胞衰老和死亡是一种自然的生理过程。在细胞衰老和死亡过程中,细胞会发生一系列变化。细胞衰老与细胞坏死、细胞凋亡的内容可以比较和归纳为下表。

细胞衰老与细胞坏死、细胞凋亡的内容比较

比较内容	细胞衰老	细胞坏死	细胞凋亡
影响因素	基因、端粒酶等	细胞受到严重损伤	细胞内部基因调控
细胞体积	萎缩变小	肿胀变大	皱缩变小
细胞核	体积增大、核膜皱折、染色质固缩	染色质不凝集,核膜破裂等	染色质凝集,并沿核膜分布
细胞质、细胞器	多种酶活性降低、色素积累等	线粒体膨大	细胞器完整
细胞质膜	通透性改变	破裂	包裹细胞器等碎片形成凋亡小体
炎症反应	无	有	无

素养提升

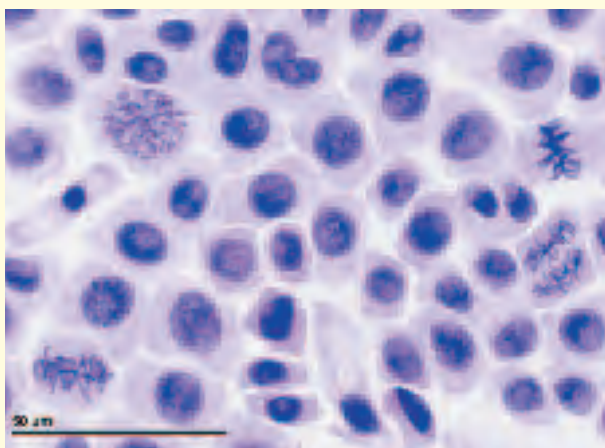
●基于细胞周期中生命活动的特征,能认识到细胞增殖在生物体生长发育和生命延续中的重要作用。

●基于细胞分化和细胞全能性的理论和事实,能认同分化的细胞在生物体内各种生命活动中执行不同的功能,认识到细胞全能性在生产实践中的应用价值。

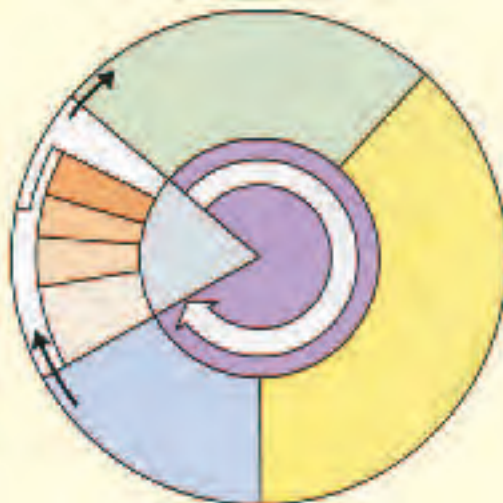
●关注细胞衰老、细胞死亡等生命现象,运用相应的生命观念面对或解决现实生活中的问题。例如,研究细胞的衰老和死亡机理,有助于深刻认识细胞生命活动规律,探究人类健康的奥秘,并从细胞水平和分子水平作出科学的解释。

本章练习

1. 细胞增殖是评价细胞活性、代谢水平、生理功能和病理状况的重要指标。用光学显微镜观察间期的细胞,大同小异,但科学家用一种胸腺嘧啶核苷类似物代替胸腺嘧啶(T)作为细胞增殖的成分,再通过特殊的荧光染料染色,在荧光显微镜下准确地检测间期细胞的活性。请结合细胞增殖的知识及下列图示,回答问题。



A 洋葱根尖分生区显微图



B 细胞周期示意图

(1) 胸腺嘧啶(T)是哪种物质的组成成分? 科学家通过上述实验手段能够检测出间期细胞哪些方面的活性? 请在图 B 中标注出该实验检测的主要时期。

(2) 观察图 A,将处于有丝分裂各个时期的细胞依次用数字序号标注出来,并将数字序号填写到图 B 的相应位置上。

(3) 在观察图 A 时,我们注意到了分裂间期的细胞数量远多于分裂期的细胞数量。根据细胞周期的知识,解释其中的原因。

(4) 处于间期的细胞还有哪些重要变化,这些变化是否也会影响到细胞增殖、细胞分化、DNA 损伤修复等各个方面?

2. 有些细胞(如神经细胞)一旦经分化形成后,会一直处于分裂间期,直至衰老、死亡。有人认为,这些细胞也具有全能性,在一定的条件下,也有发育为新个体的潜能。尝试用证据支持或反对他的观点。如果有些方面还不能肯定,可以通过互联网搜集相关资料。

3. 目前,虽然已经形成了各种有关细胞衰老的学说,但细胞衰老的奥秘仍然没有被真正揭示出来。我们更认同哪种细胞衰老学说,证据是什么?

4. 科学探究的重要环节之一是搜集文献资料。尝试搜集有关细胞程序性死亡的资料,要特别关注最新的进展。



如果想要更多地了解与本章有关的内容,可访问:
植物生理学、生物化学、细胞生物学、生物技术等相关的网站。

中英文名词对照及索引

A

氨基酸(amino acid)22
ATP(adenosine triphosphate)78
暗反应(dark reaction)88

B

被动运输(passive transport)61
胞吞(endocytosis)64
胞吐(exocytosis)64

D

大量元素(macroelement)6
淀粉(starch)11
蛋白质(protein)11
多糖(polysaccharide)11
多肽(polypeptide)22

F

非还原糖(non-reducing sugar)14
腐生(metatroph)54
分裂间期(interphase)114
分裂期(mitotic phase)114
纺锤体(spindle)115

G

固醇类(steroids)17
光学显微镜(light microscope)34
高尔基体(Golgi body)46
光合作用(photosynthesis)83
光合色素(photosynthetic pigment)86
光反应(light reaction)88
光合速率(photosynthetic rate)101

H

化合物(compound)6

核酸(nucleic acid)11
还原糖(reducing sugar)14
核苷酸(nucleotide)24
核糖体(ribosome)45
核膜(nuclear membrane)49
核孔(nuclear pore)49
核仁(nucleolus)49
核基质(nuclear matrix)49
核酶(ribozyme)73
活化能(activation energy)73
活性中心(active site)74

J

结合水(bound water)7
嵴(cristae)44
基粒(grana)45
寄生(paratroph)54
简单扩散(simple diffusion)61
减数分裂(meiosis)114

K

扩散(diffusion)61
卡尔文循环(Calvin cycle)84

L

磷脂(phospholipid)17
流动镶嵌模型(fluid mosaic model)42
磷脂双分子层(phospholipid bilayer)42
类囊体(thylakoids)45
类胡萝卜素(carotenoid)86

M

酶(enzyme)72
酶促反应(enzyme-catalyzed reaction)73

N

内质网(endoplasmic reticulum)45

拟核(nucleoid)54

P

葡萄糖(glucose)12

Q

氢键(hydrogen bond)7

全能性(totipotency)125

R

溶酶体(lysosome)47

染色质(chromatin)49

染色体(chromosome)50

S

扫描电子显微镜 (scanning electron micro-
scope)35

生物膜(biomembrane)53

渗透(osmosis)58

T

糖类(carbohydrate)11

糖原(glycogen)11

碳骨架(carbon skeleton)12

肽键(peptide bond)22

透射电子显微镜 (transmission electron micro-
scope)35

糖蛋白(glycoprotein)42

W

微量元素(microelement)6

无氧呼吸(anaerobic respiration)94

无丝分裂(amitosis)114

X

纤维素(cellulose)11

细胞质膜(plasma membrane)18

细胞学说(cell theory)33

细胞壁(cell wall)43

细胞质(cytoplasm)44

细胞核(nucleus)44

细胞质基质(cytoplasmic matrix)44

细胞器(organelle)44

线粒体(mitochondrion)44

细胞液(cell sap)46

选择透过性膜 (selective permeability mem-
brane)58

协助扩散(facilitated diffusion)61

细胞呼吸(cellular respiration)92

细胞增殖(cell proliferation)114

细胞周期(cell cycle)114

细胞板(cell plate)116

细胞分化(cell differentiation)124

细胞衰老(cell aging)126

细胞程序性死亡(programmed cell death)127

细胞凋亡(apoptosis)128

Y

元素(element)5
叶绿体(chloroplast)45
液泡(vacuole)46
原核细胞(prokaryotic cell)54
原生质层(protoplast layer)58
叶绿素(chlorophyll)86
有氧呼吸(aerobic respiration)93
有丝分裂(mitosis)114

Z

自由水(free water)7

脂质(lipid)11
脂肪(fat)11
中心体(centrosome)46
中心粒(centriole)46
真核细胞(eukaryotic cell)54
质壁分离(plasmolysis)59
质壁分离复原(deplasmolysis)59
自由扩散(free diffusion)61
主动运输(active transport)62
造血干细胞(hemopoietic stem cell)124

后 记

自 2004 年在全国实验区实验以来,全国广大教师、学生和教研人员以及专家学者在广泛实践的基础上,对本套教科书的实验本提出了许多建设性的意见,这对进一步提高教科书的质量起到了积极的作用。这次在根据教育部颁发的《普通高中课程方案》《普通高中生物学课程标准(2017 年版)》修订本套教科书的过程中,编写组又在许多实验学校召开座谈会,广泛听取生物学教师的意见,也进一步获得了学科专家、教育专家、心理学家的指导和帮助,使得本套教科书在原有基础上,更加反映课程标准的精神和理念、更加贴近学生生活、更加关注学生的学习过程,这些都有利于培养学生多样化的学习方式,促进每一个学生的核心素养全面提升。

本套教科书共五册,其中必修两册,选择性必修三册。必修包括“分子与细胞”“遗传与进化”,选择性必修包括“稳态与调节”“生物与环境”“生物技术与工程”。在修完必修模块的基础上,进行选择性必修的学习。每模块(册)教学用 36 学时,计 2 学分。

本套教科书由汪忠担任主编,陈建秀、许晓凤担任副主编,王苏豫、吴国荣担任本册教科书主编,马飞、王吉文、孙立祥、汪忠、吴举宏、梁平、虞蔚岩等(按姓氏笔画排序)参加本册教科书的编写。

在编写本册教科书的过程中,我们也得到了广大高中生物学教师和教研部门的大力支持和帮助(包括试读、试教和预做部分实验等),这为教科书的质量提升奠定了基础。在此向他们致以诚挚的谢意!

本册教科书出版之前,我们通过多种渠道与教科书所选作品(包括照片、画作)的作者进行了联系,得到了他们的大力支持。对此,我们表示衷心的感谢!但仍有部分作者未能取得联系,恳请入选作品的作者与我们联系,以便支付稿酬。

由于时间仓促,书中难免有错漏之处,恳请广大教师、学生和教研人员以及专家、学者在使用中提出宝贵的意见。

联系方式:

电子邮箱:yinn@ppm.cn

电 话:025-83658731



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5499-8129-8



9 787549 981298 >