

THE PRACTICAL COURSE

高中总复习

优化教程

主编 朱传根

生

物



- 集中一个个高考单项专题
- 特邀各科名师优化设计
- 紧扣最新教改要求与命题动向
- 将各考点融会贯通全面复习

上海古籍出版社

高中总复习

**优 化 教 程**

**THE PRACTICAL COURSE**

**生 物**

主编 朱传根

上海古籍出版社

图书在版编目(CIP)数据

高中总复习优化教程. 生物 / 朱传根主编. —上海:  
上海古籍出版社, 2005. 2  
ISBN 7-5325-4048-0

I. 高... II. 朱... III. 生物课—高中—升学参  
考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 014408 号

## 高中总复习优化教程 生 物

朱传根 主编

世纪出版集团 出版  
上海古籍出版社

(上海瑞金二路 272 号 邮政编码 200020)

(1) 网址: [www.guji.com.cn](http://www.guji.com.cn)

(2) E-mail: [guji@guji.com.cn](mailto:guji@guji.com.cn)

易文网网址: [www.ewen.cc](http://www.ewen.cc)

新华书店上海发行所发行经销 昆山市亭林印刷有限责任公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 15 字数 30 万字

2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月第 1 次印刷

印数: 1-20,000

ISBN 7-5325-4048-0

G·380 定价: 22.00 元

如有质量问题, 请与承印厂联系

# 前言

## QIAN YAN

生物学科文理兼重,基于感性又重理性。学习中既要重视实验、事实依据,又不能忽视理解判断能力的培养。生物复习从认知的观点看,是对先前学过的知识的回顾、整理和再认识升华的过程;从信息加工理论的角度分析,是对已有的信息的优化组合,使信息排列更有序的一个过程。因此要在既能熟练掌握已有知识的基础上,再度提高认知水平与解题能力,不断积累,从而达到事半功倍之功效。

为切实帮助高三学生掌握整理所学知识,形成科学正确的思想观点、扎实基础、熟悉题型、提高能力,本书力求按课本的知识体系分列专题,通过知识联系框架、重点知识联系与剖析、经典例题解析、专题训练四个方面,分层递进。着重对生物学观点、知识和能力的迁移作精要阐释,切贴《考试大纲》的内容,贯穿精、新、活、准的选题原则。我们编写了此书。全书由化学物质与生命活动、细胞的结构与功能、细胞增殖与个体繁殖和个体发育、光合作用和呼吸作用与碳循环和能量流动、植物和微生物的代谢及其调节、动物的新陈代谢及其调节、遗传变异和生物进化、生态因子对生物生命活动的影响、生态系统和生物多样性、生物实验、生物学中的计算十一个部分组成,十分适宜学生自学自测。

由于时间仓促,编写水平有限,难免有不妥之处,祈望大家在使用本书时提出宝贵意见,不胜感谢。

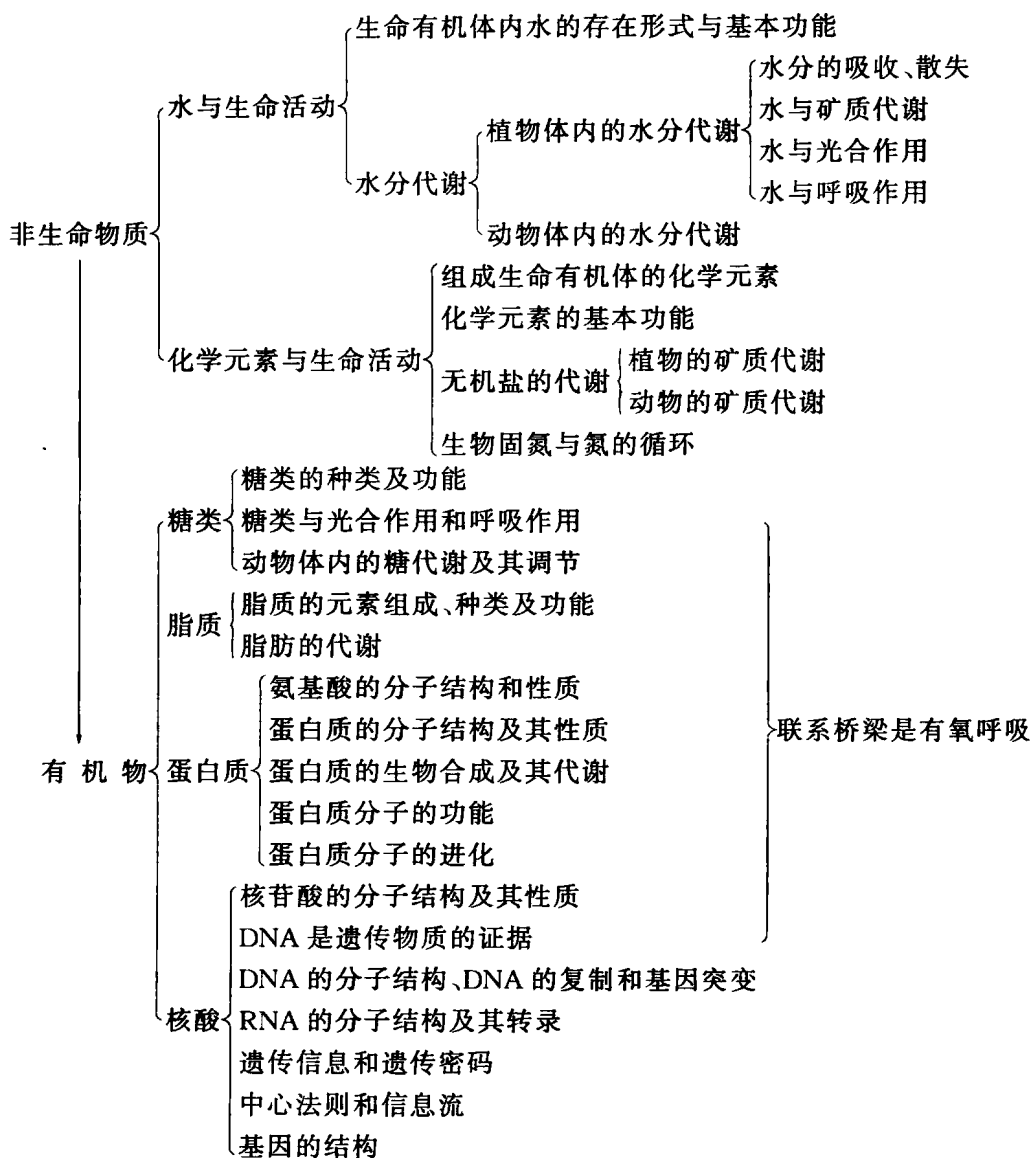
编者

# 目 录

|    |                             |       |
|----|-----------------------------|-------|
| 一  | 化学物质与生命活动·····              | (1)   |
| 二  | 细胞的结构与功能 ·····              | (29)  |
| 三  | 细胞增殖与个体繁殖和个体发育 ·····        | (45)  |
| 四  | 光合作用和呼吸作用与碳循环和能量流动<br>····· | (64)  |
| 五  | 植物和微生物的代谢及其调节 ·····         | (81)  |
| 六  | 动物的新陈代谢及其调节 ·····           | (98)  |
| 七  | 遗传变异和生物进化·····              | (117) |
| 八  | 生态因子对生物生命活动的影响·····         | (137) |
| 九  | 生态系统和生物多样性·····             | (149) |
| 十  | 生物实验·····                   | (169) |
| 十一 | 生物学中的计算·····                | (186) |
|    | <b>高考模拟试题</b> ·····         | (200) |
|    | 模拟试题(一)·····                | (200) |
|    | 模拟试题(二)·····                | (208) |
|    | 模拟试题(三)·····                | (215) |
|    | 模拟试题(四)·····                | (222) |
|    | <b>参考答案</b> ·····           | (227) |

# 一 化学物质与生命活动

## 知识联系框架



## 重点知识联系与剖析

### 一、水与生命活动

#### 1. 水的存在形式与基本功能

水在细胞中的存在形式主要是:结合水和自由水。

**结合水:**与细胞内的一些亲水性物质(如蛋白质、多糖等)相结合,不能自由流动的水。与生物大分子的空间结构、细胞功能等有关,如果细胞中失去了结合水,就不能维持正常形态,细胞结构遭到破坏,代谢就不能正常进行而导致死亡。

**自由水:**细胞内能够自由流动的水。自由水是细胞内进行各种生物化学反应的介质,是细胞内的溶剂和运输物质的媒介。自由水在细胞内的含量与生命活动的旺盛程度呈正相关,生命活动越旺盛,自由水的含量就越高。

#### 2. 水分代谢

##### (1) 植物体内的水分代谢

① 植物的水分代谢包括水分的吸收、运输、利用和散失。

植物通常通过吸胀作用和渗透作用两种方式吸收水分。

吸胀作用吸收水分主要是依赖于细胞内的亲水性物质,如蛋白质、淀粉、纤维素等,蛋白质的亲水能力最强。所以蛋白质含量高的细胞或组织,吸胀作用吸收水分的能力比淀粉含量高的要强,含脂肪较多的细胞或组织通过吸胀作用吸水的能力较弱。没有大型液泡的植物细胞主要以吸胀作用方式吸收水分。

渗透作用是具有液泡的成熟植物细胞的吸水方式,也是植物体吸水的主要方式。原理是:原生质层具有选择透过性,原生质层内外的溶液存在着浓度差,水分子就可以从溶液浓度低的一侧通过原生质层扩散到溶液浓度高的一侧。溶液渗透压的高低与溶液中溶质分子的物质的量的多少有关。在比较两种溶液渗透压高低时以两种溶液中的溶质分子的物质的量为标准进行比较。如果溶质分子物质的量相同,也可进行质量分数的比较。能够通过渗透作用吸水的细胞一定是一个活细胞。一个有液泡的成熟植物细胞是一个渗透系统。原生质层具有选择透过性是完成渗透吸水的关键。死细胞中原生质层已失去选择透过性,就不具备渗透吸水的能力,但还能通过吸胀作用吸水,如死亡的干种子也能吸水。质壁分离和复原的实验是验证植物细胞通过渗透方式吸水的最佳实例。成熟的植物细胞发生质壁分离和质壁分离复原的内因主要是原生质层具有选择透过性和原生质层的伸缩性比细胞壁大;外因是原生质层内外溶液的浓度差。在正常情况下植物体内渗透压最高的细胞是叶肉细胞,最低的细胞是成熟区的根毛细胞,因为只有这样水分才能源源不断地从根部经茎运输到叶片中。植物的成熟区细胞能否从土壤中吸水主要取决于成熟区细胞细胞液的浓度与土壤溶液的浓度差,差值越大,越容易吸水;小则吸水越困难,如一次性施肥过多出现“烧苗”现象等。

植物体内运输水分的途径主要是通过导管完成的。导管是一个死细胞,但根、茎、叶中的导管是连成一体,即连成一个密闭的管道,当叶肉细胞通过渗透作用从导管中吸取水分后,导管中的压力就会降低,这时导管就会从根部的细胞中抽取水分,特别是从成熟区的细胞中抽取水分。

植物吸收水分的95%以上用于蒸腾作用,它是植物吸收水分、运输水分和无机盐的主要



动力。蒸腾必须通过气孔,而气孔的开闭是可以调节的。如叶片细胞中水分不足,气孔就会关闭,蒸腾作用就会减弱,这对于避免水分的过度散失具有非常重要的意义。但气孔的关闭会使大气中的  $\text{CO}_2$  进入叶肉细胞发生困难,影响到光合作用的正常进行。在移栽植物时,通常要去掉一部分枝叶,就是因为移栽时植物的根部受到大面积损伤,吸水能力大大降低,如果不去掉一部分枝叶,过强的蒸腾作用会导致植物体内严重失水而不能成活。阴生植物不能在强烈的太阳光下正常生长,是因为阴生植物的叶片抗蒸腾作用的能力较弱,在强光下蒸腾作用过于旺盛,水分过度散失造成的。从生态因子的角度分析,水是限制陆生生物分布的主要限制因子之一。

## ② 水与矿质代谢

矿质元素必须溶解在水中成离子状态才能被植物吸收和利用。植物根的成熟区细胞吸收矿质元素离子主要是通过主动运输完成的;吸收的过程与呼吸作用有密切的关系,呼吸作用为主动运输提供能量(ATP)。矿质离子的吸收与水分吸收是两个相对独立的过程,“相对独立”是因为它们之间既有区别,又有联系。区别是这两个过程的原理不同,水分的吸收主要是渗透作用,不消耗 ATP;矿质离子的吸收则必须通过主动运输,需要消耗 ATP。联系是:这两个过程都发生在根尖的成熟区(主要是根毛细胞);矿质离子必须溶解在水中才能被吸收;矿质离子的吸收增加了细胞液的浓度,从而也促进了水分的吸收;水分的吸收能及时地将已吸收的矿质离子运走,也在一定程度上促进了矿质离子的吸收。

## ③ 水与光合作用

水是光合作用的原料,也是光合作用的产物,又是进行光合作用的介质。整个光合作用过程的完成都是在水中进行的。缺水对光合作用的影响主要是导致叶肉细胞因缺水导致气孔关闭。气孔是气体进出叶肉细胞的门户,气孔关闭不仅水蒸气不能扩散出去,外界的  $\text{CO}_2$  也不能扩散进入叶肉细胞,叶肉细胞因缺  $\text{CO}_2$  而不能进行光合作用。

## ④ 水与呼吸作用

呼吸作用过程的完成是在细胞内的水环境中进行的。水既是呼吸作用的原料,也是呼吸作用的产物。对种子而言,种子的呼吸作用会随着种子含水量的增加而增强,所以干燥的种子有利于贮存,潮湿的种子由于种子的呼吸作用消耗有机物而缩短种子的贮存寿命。对于叶肉细胞而言,缺水会导致呼吸作用的下降。但水分往往与氧气的供应是相矛盾的,如土壤中一定的含水量对种子的萌发和植物的正常生长是必需的,而含水量过多,会影响土壤的通气,氧气减少,植物细胞因缺氧而进行无氧呼吸,产生酒精毒害细胞而出现烂根、烂芽现象。

## (2) 动物体内的水分代谢

动物体内的水分代谢包括水分的吸收、利用和排出。

### ① 水分的吸收

单细胞动物通过细胞膜直接从外界环境中吸收。多细胞动物体内细胞的水分代谢主要在组织细胞与内环境(主要是血浆和组织液)之间进行。毛细血管壁对血液中的水分子、无机离子、葡萄糖、氨基酸等小分子物质是全透性的,即这些物质基本不影响血浆和组织液的渗透压。血浆中的大分子蛋白质在正常情况下不能通过毛细血管壁,血浆与组织液之间的渗透压差主要取决于血浆与组织液之间的蛋白质分子的浓度差,如因某种原因导致血浆中的蛋白质含量减少或组织液中的蛋白质含量增加,就会相应地造成血浆的渗透压降低,导致组织液增加,出现组织水肿的现象。这种情况常见于急性肾小球肾炎;由于肾脏中的肾小球发生病变,肾小球



毛细血管通透性增加,血浆中的蛋白质进入肾小管后随尿液排出体外而降低了血浆中蛋白质的浓度所致。也可能由于炎症等原因使局部组织内的毛细血管通透性增加,血浆中的蛋白质渗出毛细血管进入组织液,结果增加了组织液中蛋白质的浓度,而降低了血浆中蛋白质的浓度是引起组织水肿的另一原因。

## ② 水分的利用

水分进入组织细胞后除为新陈代谢提供水环境外,还参与各种代谢活动,如呼吸作用、糖类和蛋白质的水解与合成等。

## ③ 水分的排出

动物体内多余的水分要排出体外。单细胞动物通过细胞膜直接排到外界环境中,高等的多细胞动物体内,细胞内的水分不能直接排到外环境中,必须通过内环境进行。内环境中的水分排出体外的途径主要有三条:一是通过呼吸系统,即肺在呼气的过程中,排出一部分水分;二是通过皮肤,即通过皮肤的汗腺分泌汗液排出体内多余的水分;三是通过肾脏分泌尿液排出水分,这是体内水分排出体外的最主要途径,同时受到内分泌系统的调节。此外消化腺分泌消化液也是排出内环境中水分的一条途径,只是消化腺分泌的消化液中的水分大部分会被消化道上皮细胞所吸收,但在消化道受到细菌感染后,消化道上皮细胞的吸收能力减弱或几乎丧失的时候(即平时讲的胃肠炎),通过这条途径排出水分是导致体内失水的主要原因。

## 二、化学元素与生命活动

### 1. 化学元素的基本功能

归纳起来化学元素的基本功能是:

① 是组成细胞的成分,如 C、H、O、N、P、S 等,约占细胞总量的 97% 以上;

② 是多种化合物的组成成分,如蛋白质、糖类、核酸、脂肪等;

③ 也有一些元素能影响生物体的生命活动。

化学元素的一些具体功能比较复杂,就高中生物内容的范围略作阐述。

C、H、O 三种元素是构成生命有机物的基本元素,任何一种有机物中都含有这三种元素,如糖类一般只有这三种元素组成,通式是  $(CH_2O)_n$ ,故也称其为碳水化合物。蛋白质中除了 C、H、O 外还含有 N 和 S。核酸中除 C、H、O 外还含有 N 和 P。

N 是构成蛋白质和核酸的必需元素,是生命活动的核心元素之一。植物中 N 主要以硝态氮( $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ )和铵态氮( $NH_4^+$ )的形式被植物吸收。N 是叶绿素的成分,没有 N 植物就不能进行光合作用。N 是蛋白质和核酸中的必需元素,缺 N 就会影响到植物生命活动的各个方面,如光合作用、呼吸作用等。N 在植物体内形成的化合物都是不稳定的或易溶于水的,故 N 在植物体内可以自由移动,缺 N 时,幼叶可向老叶吸收 N 而导致老叶先黄。与 N 形成的所有的无机物都能溶于水,所以土壤中的 N 都是以各种离子的形式存在的,如  $NH_4^+$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$  等。无机态的 N 在土壤中是不能贮存的,很容易被雨水冲走,所以 N 是土壤中最容易缺少的矿质元素。在腐殖质丰富的土壤中,N 的贮量较为丰富,因为 N 可以贮存在有机物中,有机物逐渐被分解者分解,N 就释放出来被植物吸收利用。但 N 容易造成水域生态系统的富营养化,过多的 N 与 P 配合会造成富营养化在淡水生态系统中称为“水华”,在海洋生态系统中称为“赤潮”。而动物对无机态的 N 是不能利用的,只能利用有机态的 N。最常利用的形式是氨基酸。动物体内缺 N,实际就是缺少氨基酸,缺少氨基酸必然影响到动物体的生长发育。

P 是构成核酸和 ATP 的必需元素,是组成细胞质和细胞核的主要成分。植物对 P 主要是



以  $\text{HPO}_4^{2-}$  和  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  的形式被植物根吸收。两种离子在土壤中的多少,取决于土壤溶液的 pH 值;pH 值低时, $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  状态的离子较多;pH 值较高时, $\text{HPO}_4^{2-}$  状态的离子较多。缺 P,会影响到 DNA 的复制和 RNA 的转录,从而影响到植物的生长发育。P 还参与植物光合作用和呼吸作用中的能量传递过程,ATP 和 ADP 中都含有磷酸,P 对生物的生命活动是必需的。但 P 也容易造成水域生态系统富营养化。

Mg 在植物体内一部分形成有机化合物,另一部分以离子状态存在。Mg 是叶绿素的组成元素之一,没有 Mg 就不能进行光合作用。以离子状态存在的 Mg 是许多重要的酶的活化剂。Mg 在植物体内是可以移动的一种元素,所以缺 Mg 时,植物出现失绿症,病变部位常表现出老叶先失绿。

B 能促进花粉的萌发和花粉管的生长,因此 B 与植物的生殖过程有密切的关系。缺 B 常导致植物“花而不实”。

## 2. 植物的矿质代谢

植物的矿质代谢,详见系列专题五

## 3. 生物固氮

### (1) 固氮微生物的种类

自然界中固氮微生物有两类:共生固氮微生物和自生固氮微生物。

共生固氮微生物是指与一些绿色植物互利共生的固氮微生物,如根瘤菌等。共生固氮微生物只有和植物互利共生时,才能固定空气中分子态氮。根瘤菌固定的氮素占自然界生物固氮的绝大部分。

自生固氮微生物是指在土壤中能够独立进行固氮的微生物,其中多数是一类称为自生固氮菌的细菌(圆褐固氮菌等),也有固氮蓝藻。自生固氮微生物的固氮过程对植物没有依存关系。

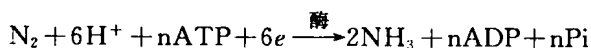
### (2) 根瘤菌与豆科植物的共生关系

根瘤菌中的每一种细菌都与某几种豆科植物专一性地对应,每种根瘤菌只和与其有专一性对应的几种豆科植物建立共生关系形成根瘤,不与其他种类的植物共生形成根瘤。因为豆科植物的根毛能够分泌一类特殊的蛋白质,根瘤菌细胞的表面存在着多糖物质,只有同族豆科植物根毛分泌的蛋白质与同族根瘤菌表面的多糖物质才能产生特异性的结合。

根瘤菌与豆科植物共生过程中,建立了互利的关系,豆科植物为根瘤菌提供碳水化合物和能量,根瘤菌为豆科植物提供化合态的氮( $\text{NH}_3$ )。

### (3) 固氮的原理

生物固氮是指固氮微生物将大气中的氮还原成氨的过程。生物固氮必须在固氮酶的参与下才能完成。固氮酶是一种能够将分子氮还原成氨的酶,生物固氮可以用下面的反应式简要概括表示:



在固氮酶将  $\text{N}_2$  还原成  $\text{NH}_3$  的过程中,需要  $e^-$  和  $\text{H}^+$ ,  $e^-$  和  $\text{H}^+$  来自植物体内的其它化学反应。还需要 ATP 提供能量,同时必须在 Mg 的参与下才能完成。生物固氮的过程非常复杂,简单的过程如图 1-1 所示。

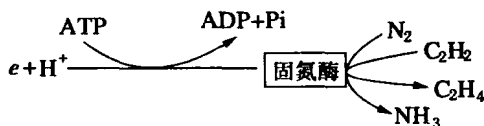


图 1-1

固氮酶是由两种蛋白质组成的：一种含有铁，叫做铁蛋白，另一种含铁和钼，称为钼铁蛋白。只有钼铁蛋白和铁蛋白同时存在，固氮酶才具有固氮的作用。

固氮微生物一般需氧，而固氮过程却必须在严格的厌氧微环境中进行。组成固氮酶的二种蛋白质，钼铁蛋白和铁蛋白，对氧极端敏感，一旦遇氧很快就导致失活，而多数的固氮菌都是好氧菌，它们要利用氧气进行呼吸和产生能量。固氮菌在进化过程中，发展出了多种机制来解决既需氧又防止氧对固氮酶的损伤的矛盾。其中之一是固氮菌以较强的呼吸作用迅速地将周围环境中的氧消耗掉，使细胞周围处于低氧状态，保护固氮酶不受损伤。

#### (4) 自然界中氮的循环

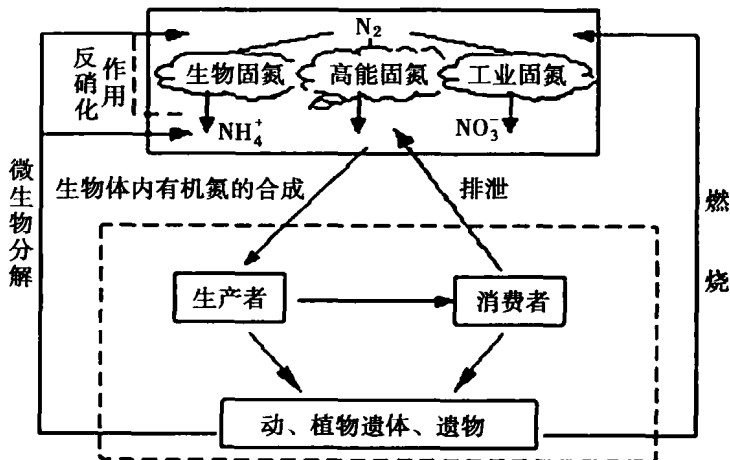


图 1-2 氮的循环

氮素在自然界中有多种存在形式，其中数量最多的是大气中的氮气，总量约  $3.9 \times 10^{15} \text{ t}$ 。除了少量原核生物以外，目前，陆地上生物体内储存的有机氮的总量达  $1.1 \times 10^{10} \sim 1.4 \times 10^{10} \text{ t}$ 。这部分氮素数量尽管不算多，但是能够迅速地再循环，从而可以反复地供植物吸收利用。存在于土壤中的有机氮总量约为  $3.0 \times 10^{11} \text{ t}$ ，这部分氮素可以逐年分解成无机态氮供植物吸收利用。海洋中的有机氮约为  $5.0 \times 10^{11} \text{ t}$ ，这部分氮素可以被海洋生物循环利用。构成氮循环的主要环节是：生物体内有机氮的合成、氨化作用、硝化作用、反硝化作用和固氮作用。

**生物体内有机氮的合成：**植物吸收土壤中的氨盐和硝酸盐，进而将这些无机氮同化成植物体内的蛋白质等有机氮，动物直接或间接以植物为食物，将植物体内的有机氮同化成动物体内的有机氮，这一过程称为生物体内有机氮的合成。

**氨化作用：**动植物的遗体、排出物和残落物中的有机氮被微生物分解后形成氨的过程。

**硝化作用：**有氧的条件下，土壤中的氨或铵盐在硝化细菌的作用下最终氧化成硝酸盐的过程。

**反硝化作用：**在氧气不足的条件下，土壤中的硝酸盐被反硝化细菌等多种微生物还原成亚



硝酸盐,并且进一步还原成分子态氮,分子态氮则返回到大气中。

固氮作用:大气中分子态氮被还原成氨的过程。没有固氮作用,大气中的分子态氮就不能被植物吸收利用。地球上固氮作用的途径有三种:生物固氮、工业固氮(高温、高压和化学催化的方法将氮转化成氨)和高能固氮(如闪电等高空瞬间放电所产生的高能,可以使空气中的氮与水中的氢结合,形成氨和硝酸,氨和硝酸则由雨水带到地面)。据科学家估算,每年生物固氮的总量占地球上固氮总量的90%左右,生物固氮在地球的氮循环中具有十分重要的作用。

(5) 生物固氮在农业生产中的应用

① 固定氮素肥料,减少化肥使用量,既节约了能源,又保护了环境。

② 对豆科作物进行根瘤菌拌种,提高产量。

③ 用豆科植物做绿肥,提高土壤肥力和有机质,发育土壤结构,改良土壤通气性和保水性。

④ 使用自生固氮菌菌剂提供农作物氮素营养、促进农作物生长。

(6) 固氮酶及其基因与现代生物技术

人们希望从固氮微生物中得到所有固氮所需的基因,然后将其转入到非固氮真核生物中,使非固氮生物具有固氮功能,并希望非固氮微生物在导入基因后能维持固氮所需的生理条件,但目前仍未能实现。

#### 4. 动物体内的无机盐代谢

(1) 无机盐的吸收

无机盐都是以离子的形式被动物体吸收的。吸收的方式以主动运输为主。

(2) 盐的功能

无机盐的作用:①动物体的重要组成成分;②对动物体的生命活动具有调节作用。如:

N是蛋白质、核酸的组织成分,参与细胞和生物体的结构。酶主要是蛋白质,某些激素也是蛋白质,这些物质对生命活动具有调节作用,所以N也参与了生命活动的调节。

P是核酸的组成成分,也是磷脂的重要成分,参与了细胞和生物体的结构。ATP中含磷酸,所以磷酸也参与了动物体内的能量代谢过程。

Na在动物体内是一种必需元素,主要以离子状态存在,但在植物体内不是必需元素。 $\text{Na}^+$ 可以促进小肠绒毛上皮细胞对葡萄糖和氨基酸的吸收。在神经冲动的发生和传导过程中起重要作用。

Ca在动物体内既是一种结构成分(如骨骼和牙齿中主要是钙盐),对生命活动也具有调节作用。如哺乳动物血液中的 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度过低,动物就会出现抽搐;血液中的 $\text{Ca}^{2+}$ 还具有促进血液凝固的作用,如果用柠檬酸钠或草酸钠除掉血液中的 $\text{Ca}^{2+}$ ,血液就不会发生凝固。人体长期缺钙,幼儿会得佝偻病,成年人会得骨质疏松症。预防和治疗的办法是服用活性钙和维生素D。

Fe在哺乳动物体内是血红蛋白的一种成分,没有Fe就不能合成血红蛋白。血红蛋白中的Fe是二价铁,三价铁是不能被利用的。铁都是以二价铁离子的形式被吸收的。铁也是某些酶的活化中心。

(3) 无机盐的排出

以哺乳动物为例,排出无机盐的途径主要有两条:一是通过肾脏,以尿液的形式排出体外;二是通过皮肤的汗腺以汗液的形式分泌。前者是主要的。但如果一个人在高温环境时间过

长,大量长时间出汗,会因通过汗液排出过多的无机盐而影响到生命活动的正常进行,这时需喝一些淡的食盐水,以补充无机盐,保证生命活动的正常进行。

### 三、有机物与生命活动

#### 1. 糖类

##### (1) 糖类的功能

狭义的糖类是指单纯碳水化合物,元素组成是 C、H、O。但在生物体内有许多糖类还与蛋白质和脂质结合在一起,形成糖蛋白和糖脂,在生物体内执行一些特殊的生理功能。糖蛋白和糖脂主要在生物膜上,特别是细胞膜,在细胞识别、免疫等方面有重要功能。

糖类的基本功能有两点:一是生命活动的主要能源物质,生物体进行生命活动所需能量的 70% 以上是由糖类提供的;二是构成细胞和生物体的结构成分,如五碳糖是核酸的成分,纤维素是细胞壁的成分等。

##### (2) 糖类与光合作用和呼吸作用

植物进行光合作用的产物主要是糖类,植物体内的物质代谢以糖类为基础进行。叶绿体进行光合作用制造的葡萄糖可以合成蔗糖等二糖,运出叶绿体及叶肉细胞,为植物体的其他器官提供能源和养料;也可以在叶绿体中合成淀粉,暂时贮存起来。叶片在光下一段时间后,可以用碘检测到淀粉的存在。

呼吸作用最常利用的原料是葡萄糖,淀粉、糖元必须水解成葡萄糖或磷酸葡萄糖后才能被呼吸作用利用。

##### (3) 动物体内的糖代谢及其调节

以哺乳动物为例,动物体内的糖代谢是以血糖为中心展开的。糖的代谢及其调节过程可归纳为图 1-3。

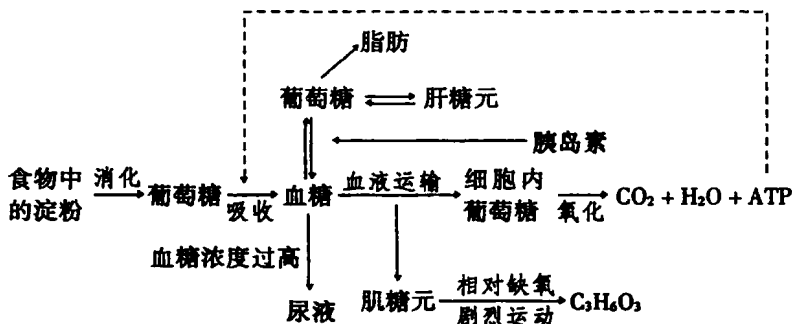


图 1-3

血糖的来源:①消化道中食物中淀粉的消化吸收,是血糖的主要来源;②肝糖元分解成葡萄糖释放到血液中,该过程一般发生在饥饿条件下;③蛋白质和脂肪的转化,蛋白质转化成血糖必须通过脱氨基实现,此过程只有在糖类供应严重不足的情况下才会发生。

血糖的主要代谢去向:①通过血循环运到各组织细胞,被彻底氧化分解成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,同时释放出能量供生命活动之需,是血糖的主要代谢去向;②转化成糖元。在肝脏中转化成肝糖元、肌肉组织中转化成肌糖元。肝糖元可以转化成血糖,但肌糖元不可以转化成血糖,只能直接被肌细胞所氧化分解提供能量;③转化成蛋白质和脂肪,血糖转化成蛋白质必须要有 N 源,即要有氨基,利用糖代谢中的中间产物经转氨基作用合成新的(非必需)氨基酸。

哺乳动物的血糖浓度稳定在  $80 \sim 120 \text{ mg/dL}$ 。参与血糖浓度调节的激素主要有两种：胰岛素和胰高血糖素。胰岛 B 细胞分泌胰岛素，是由含 51 个氨基酸的两条肽链构成的蛋白质，功能是：促进血糖合成糖元，促进血糖分解，总的效应是降低血糖浓度。胰岛 A 细胞分泌胰高血糖素，作用是：抑制糖元的合成，促进糖元分解、非糖物质的转变，升高血糖浓度。当血糖浓度升高时，反馈性促进胰岛 B 细胞分泌胰岛素，抑制 A 细胞分泌胰高血糖素，促进血糖转变成糖元或被分解，降低血糖浓度。当血糖浓度降低时，反馈性地抑制胰岛 B 细胞分泌胰岛素，促进 A 细胞分泌胰高血糖素，达到升高血糖的目的。如图 1-4 所示。

人体内，血糖浓度必须保持相对的稳定。血糖浓度过低，人体各组织、器官的能源供应不足就会出现代谢障碍。极端的例子就是低血糖休克：人体的神经组织，特别是脑和脊髓几乎不贮存糖类（能源物质），须通过血液源源不断地提供给神经组织。血糖浓度过低，能源供应不足是导致低血糖休克的主要原因。

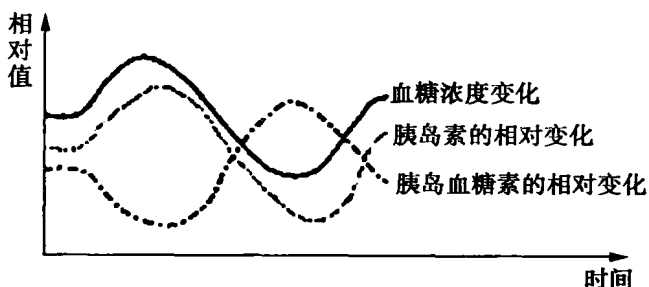


图 1-4

对低血糖休克病人抢救治疗最有效的措施是注射葡萄糖注射液。如果血糖浓度过高，会导致人的尿液中含有葡萄糖，这是糖尿病人的典型症状。因为血糖浓度过高，原尿中的葡萄糖浓度相应增高，当超过了肾小管对葡萄糖的重吸收能力，就会有一部分葡萄糖未被吸收而进入尿液。由于尿液中有葡萄糖，使尿液的渗透压增高，减少肾小管对水的重吸收，所以尿多是糖尿病人的症状之一。引起糖尿病的主要原因之一是胰岛合成和分泌胰岛素减少或停止分泌引起的。青少年型糖尿病是一种多基因遗传病，在一定的外界诱发因素作用下，就很容易发病。节制饮食是预防和控制糖尿病的有效措施。

## 2. 脂质

### (1) 脂质的元素组成、种类及功能

脂质的元素组成是 C、H、O，有些脂质还含有少量的 N 和 P。脂质的种类及功能见表 1-1。

表 1-1

| 种 类 |       | 功 能                                   | 备 注                                       |
|-----|-------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
| 脂 肪 |       | 贮存能量，保温                               | 贮备能源，贮存在皮下、肠系膜等处                          |
| 类脂  | 主要是磷脂 | 是组成细胞膜的成分                             | 神经组织、卵和大豆中含量较多                            |
| 固醇类 | 胆固醇   | 是生物膜的组成成分之一，对维持膜的正常的流动性有重要作用          | 胆固醇在人体有一个正常含量，过高会导致血管硬化、高血压等              |
|     | 性激素   | 促进生殖细胞的形成和生殖器官的发育，激发并维持第二性征           | 有雌性激素和雄性激素二类，雌性激素主要由卵巢分泌，雄性激素主要由睾丸分泌      |
|     | 维生素 D | 促进小肠对钙和磷的吸收和利用 $V_D$ 可预防和治疗佝偻病、骨质疏松症等 | 人的皮肤的表皮中有 7-去氢胆固醇，在紫外线照射下，通过酶的作用可转化成维生素 D |

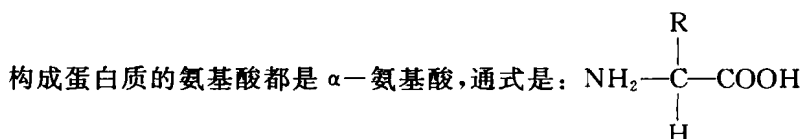
### (2) 脂肪的代谢

食物中的脂肪在消化道内通过胆汁的乳化和脂肪酶的催化下分解成甘油和脂肪酸，经扩

散的形式被小肠绒毛上皮细胞吸收后,在上皮细胞内再合成脂肪,与载脂蛋白结合后和类脂、胆固醇混合后一起进入毛细淋巴管,经淋巴循环进入血循环,最后输送到各部分组织。脂质的代谢去向:参与构成动物体的组织,如磷脂是生物膜的组成成分;脂肪作为备用物质贮存在皮下、肠系膜、大网膜等处;在需要的情况下,可再分解成甘油、脂肪酸等,然后直接分解为  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,或者转化成肝糖元等;还有就是被各种腺体利用,生成各自的特殊分泌物,如皮脂腺分泌的皮脂、乳腺所生成的乳汁等、内分泌腺分泌的各种类固醇激素等。

### 3. 蛋白质

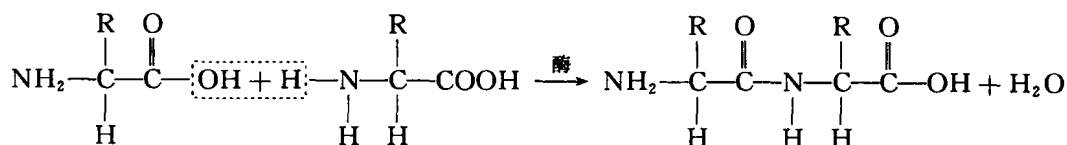
#### (1) 氨基酸的分子结构和性质



氨基酸分子的性质是氨基酸分子上的氨基( $-\text{NH}_2$ )和羧基( $-\text{COOH}$ )决定的,氨基酸是两性化合物,氨基是碱性的,羧基是酸性的。构成蛋白质的氨基酸约有 20 种,20 种氨基酸的不同在于 R 基的不同。即 20 种氨基酸就有 20 种不同的 R 基。R 基上亦可带有氨基或羧基。

#### (2) 蛋白质的分子结构及其性质

蛋白质是由许多氨基酸通过肽键连接起来的高分子化合物。缩合反应是指一个氨基酸的羧基与另一个氨基酸分子的氨基相连接,同时失去一分子水,形成一个肽键的过程。反应方程式是:



缩合反应在细胞内的核糖体中进行,而且必须在 mRNA 的指导下,有 tRNA 参与才能完成。多肽是由多个氨基酸分子缩合而成的含有多个肽键的化合物。肽链通过 R 基与 R 基之间的相互作用形成一定的空间结构。一个执行特殊生理功能的蛋白质可以由一条肽链组成(如生长激素是由 191 个氨基酸组成的一条肽链),也可以由多条肽链组成(如胰岛素是由 51 个氨基酸、2 条肽链组成的,血红蛋白是由 574 个氨基酸、4 条肽链组成的)。

蛋白质分子中肽键数的计算:设氨基酸数为  $a$ ,肽链数为  $b$ ,肽键数为  $n$ 。则  $n = a - b$ 。

蛋白质分子结构的多样性主要从四个层次理解:①构成蛋白质分子的氨基酸种类不同;②组成每种蛋白质分子的氨基酸数目不同;③氨基酸的排列顺序不同;④由于前三项使蛋白质分子的空间结构不同。蛋白质分子结构的多样性实际由 DNA 分子结构的多样性决定的。

多肽是链状结构,一端游离着一个氨基,另一端游离着一个羧基,所以蛋白质分子也是两性化合物。

蛋白质分子的空间结构不是很稳定,因而通常蛋白质在重金属盐(汞盐、银盐、铜盐)、酸、碱、乙醇、尿素等的存在下或加热至  $70^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$  或在 X 射线、紫外线等射线的作用下,其空间结构容易发生改变和破坏,导致蛋白质变性,丧失生物活性,如酶失去催化能力、血红蛋白失去输氧能力等。变性过程中不发生肽键的断裂和二硫键破坏,主要是发生氢键、疏水键的破坏,使肽链的有序的卷曲、折叠状态变为松散无序。蛋白质变性后溶解度降低,失去结晶能力,并形成沉淀。蛋白质的变性具有不可逆性。

### (3) 蛋白质分子的生物合成及其代谢

在细胞及生物体内,蛋白质的合成是在 DNA(基因) 的控制之下,经过转录和翻译后完成。转录的场所一般在细胞核中进行(线粒体和叶绿体中也有转录过程,原核生物无核,只能在细胞质中进行),过程是:基因中的一段 DNA 分子先解旋,然后按照碱基互补配对原则,以其中的一条链为模板合成 RNA,这样遗传信息就转换成遗传密码,带有遗传密码的 RNA 称为信使 RNA(mRNA)。mRNA 转录完成后通过核孔进入细胞质中与核糖体结合。核糖体与 mRNA 结合的第一个位点是 AUG,是起始密码。然后 tRNA 携带特定的氨基酸,其一端的三个碱基与 mRNA 对应的碱基配对。mRNA 上三个相邻的碱基决定一个氨基酸,这三个相邻的碱基称为密码子。与 mRNA 上 AUG 配对的 tRNA 运载的氨基酸是甲硫氨酸,接着各种 tRNA 携带着特定的氨基酸依次与 mRNA 上对应的密码子配对。在核糖体上相邻的 tRNA 携带的氨基酸,在相关酶的催化下缩合形成肽键,同时产生一分子水。当翻译到一定的时候, mRNA 上出现 UAG、UAA、AGA 时,由于这 3 组碱基没有与之对应的 tRNA 配对,翻译到此结束,所以这 3 组碱基组合称为终止密码。按照基因控制蛋白质的合成过程,任何一个蛋白质分子的多肽链上的第一个氨基酸都是甲硫氨酸,但事实并非如此。原因是翻译成的多肽链是一个初级产品,还要经过一定的修饰、加工才能成为能够执行一定生理功能的蛋白质。在绝大部分的蛋白质分子中,肽链上的第一个氨基酸不是甲硫氨酸,因这个氨基酸在蛋白质分子的修饰加工过程中被修饰掉了。

人体内蛋白质的代谢是以内环境中氨基酸为中心进行的。蛋白质代谢可用图 1-5 表示。

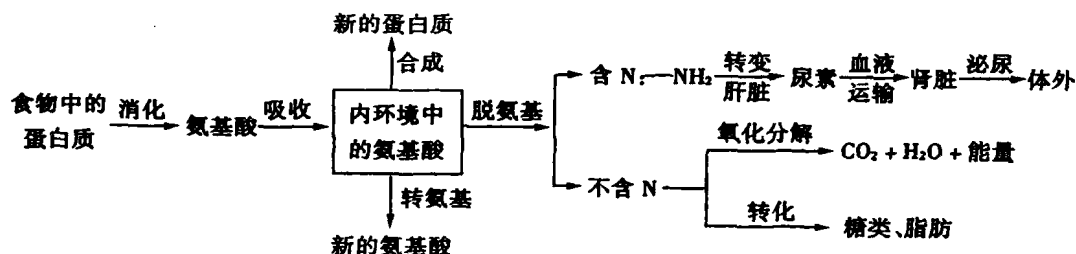


图 1-5

#### ① 体内氨基酸的代谢变化

a. 合成各种机体组织的蛋白质。是体内氨基酸的一条主要代谢途径。如合成红细胞中的血红蛋白、肌肉细胞中的肌球蛋白和肌动蛋白等。在合成的新的蛋白质中,除了各处组织蛋白质外,还能合成各种具有一定生理功能的特殊蛋白质,如肝细胞能够合成血浆蛋白中的纤维蛋白原和凝血酶原等;消化腺上皮细胞能够合成消化酶;某些内分泌细胞能够合成蛋白质类激素,如垂体等;某些白细胞还能合成抗体。

b. 转氨基作用合成新的氨基酸。人体内的约 20 种氨基酸,根据自己能否合成分为两类,一类是非必需氨基酸,这类氨基酸能够通过转氨基作用合成,合成时所需要的原料主要来自两个方面:一是糖代谢的中间产物,即葡萄糖在有氧呼吸过程产生的中间产物;二是体内必须要有多余的氨基酸提供氮源。通过转氨酶的作用,将一种氨基酸上的氨基转移给糖代谢的中间产物,形成另一种新的氨基酸。如谷氨酸和丙酮酸在谷丙转氨酶的催化下,谷氨酸的氨基转移给丙酮酸,生成丙氨酸和另一种酮酸( $\alpha$ -酮戊二酸)。另一类是必需氨基酸,这类氨基酸不能在人和动物细胞内合成,只能从食物中得到补充,必需氨基酸共有 8 种:赖氨酸、色氨酸、苯丙

氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、甲硫氨酸和缬氨酸。

c. 脱氨基作用分解氨基酸。人体内总有一部分氨基酸会被彻底分解。分解氨基酸首先要通过脱氨基作用,将氨基酸分解成两个部分:含 N 和不含 N 两部分。含 N 部分是氨基( $-NH_2$ ),氨基很容易在体内形成  $NH_3$ ,对人体有毒。但在肝脏中,在消耗 ATP 的情况下  $NH_3$  能与  $CO_2$  生成尿素,尿素的毒性比  $NH_3$  要小得多,这是生物的一种适应。肝脏中生成的尿素通过血液循环运输到肾脏以尿液的形式排出体外或运至皮肤的汗腺以汗液的形式排出体外。不含 N 的部分是一条碳链,可以被彻底氧化分解成  $CO_2$  和  $H_2O$ ,同时释放能量,也可以合成为糖类和脂肪。

## ② 内环境中氨基酸的来源

a. 食物中蛋白质经消化吸收后进入内环境。是体内氨基酸来源中最主要的一条途径。

b. 体内蛋白质的分解。人和动物体内,每天都更新大量的蛋白质,这些被更新的蛋白质最初水解成氨基酸,它们中的大部分被重新用来合成新的蛋白质,只有一小部分通过脱氨基作用被分解。所以体内更新的蛋白质被分解成氨基酸,是内环境中氨基酸的另一个重要来源。

c. 合成一些非必需氨基酸。通过转氨基作用可以合成一些非必需氨基酸,也是内环境中氨基酸的一种来源。该过程虽不会使体内氨基酸的总数增加,但在人及动物体内具有非常重要的生理意义。食物蛋白质中各种氨基酸的含量比例未必与人及动物体的需要相一致,某种氨基酸特别多一些,而另一些却相对少一些时,通过转氨基就可以将特别多的这种氨基酸转化为相对少一些的氨基酸,使人及动物体尽可能地提高对食物中蛋白质的利用率。

糖类、蛋白质和脂肪三大类营养物质的代谢枢纽是呼吸作用,是因为呼吸作用产生的如丙酮酸、乙酰辅酶 A、柠檬酸等中间产物。糖类转变成蛋白质必须通过转氨基作用,将氨基转移给糖代谢的中间产物就能产生新的氨基酸,如将氨基转给丙酮酸即为丙氨酸。蛋白质转变成糖类必须经过脱氨基作用,形成的不含氮部分才能转变成糖类。糖类转变成脂肪必须通过乙酰辅酶 A,脂肪转变成乙酰辅酶 A 后才能进入呼吸作用,继而再转变成糖类和蛋白质。

## (4) 蛋白质分子的功能

蛋白质分子结构的多样性决定了蛋白质分子具有多种重要的生理功能:①有些蛋白质分子是构成细胞和生物体的重要物质,如人和动物肌肉中的蛋白质,红细胞中的血红蛋白,细胞膜中的蛋白质,染色体中的蛋白质等;②催化功能,催化新陈代谢各种化学反应的酶绝大多数是蛋白质;③运输功能,如细胞膜上的载体蛋白、运输氧气的血红蛋白等;④调节功能,调节生命活动的许多激素是蛋白质,如生长激素、胰岛素等;⑤免疫功能,如效应 B 淋巴细胞受到抗原刺激后产生的抗体是蛋白质,具有与特异性的抗原结合,从而达到清除抗原的目的。

酶主要是蛋白质又是催化剂。作为催化剂酶具有一般无机催化剂所具有的一切特点,如只改变反应速度不改变反应平衡,能够降低反应物的活化能,促进反应的进行,但自身不被消耗等。酶还具有生物催化剂所特有的特点:专一性、高效性、多样性和易受 pH 值和温度的影响。

酶的专一性是指一种酶只能催化一种物质或同一类物质的化学反应。酶促反应的专一性与酶是蛋白质的结构有关,每种蛋白质都有特定的空间结构,酶催化反应时,酶蛋白分子首先与底物分子结合,但酶分子与底物分子能否结合,取决于酶分子的活性部位与底物分子在空间构象上是否对应,如图 1-6。