

普通高中课程标准实验教科书

经全国中小学教材审定  
委员会2004年初审通过

# 生物

3

必修

## 稳态与环境

■ 主编 刘植义 付尊英



北京师范大学出版集团  
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP  
北京师范大学出版社

# 目 录

《稳态与环境》模块学习目标 .....	1
<b>第 1 章 生物界是一个相对稳定的生命系统 .....</b>	<b>2</b>
一 稳态的概念 .....	4
二 不同层次的稳态 .....	4
三 稳态的意义 .....	6
<b>第 2 章 生物个体的内环境与稳态 .....</b>	<b>8</b>
<b>第 1 节 人体的代谢与稳态 .....</b>	<b>10</b>
一 内环境与稳态 .....	10
二 水和无机盐的平衡 .....	12
三 血糖的平衡 .....	14
四 体温的平衡 .....	17
<b>第 2 节 人体的免疫与稳态 .....</b>	<b>21</b>
一 免疫应答 .....	21
二 免疫失调引起的疾病 .....	25
三 流行病的危害与预防 .....	28
<b>第 3 节 人体生命活动的神经调节 .....</b>	<b>31</b>
一 人体的“通讯网” .....	32
二 神经调节的基本过程 .....	34
三 神经调节与稳态 .....	37
四 脑的高级功能 .....	40
<b>第 4 节 动物生命活动的化学调节 .....</b>	<b>44</b>
一 化学信号——激素 .....	44
二 激素的生理作用及作用特征 .....	48
三 激素调节信号转导的分子机制 .....	50
四 体液调节与稳态 .....	51
五 激素的应用 .....	54
<b>第 5 节 植物生命活动的调节 .....</b>	<b>56</b>
一 植物的应激性 .....	56
二 生长素 .....	58
三 植物激素的种类 .....	61

四	植物生长调节剂及其应用 .....	62
<b>第 3 章</b>	<b>生物群体的动态平衡 .....</b>	<b>66</b>
第 1 节	种群的相对稳定 .....	68
一	种群的特征 .....	68
二	种群数量的变动 .....	72
三	种群数量的调节与平衡 .....	74
第 2 节	群落的相对稳定 .....	78
一	群落的结构 .....	78
二	生物在群落中的生态位 .....	81
三	群落的演替 .....	83
<b>第 4 章</b>	<b>生物与环境的协调发展 .....</b>	<b>88</b>
第 1 节	生态系统是一个相对稳定的系统 .....	90
一	生态系统的结构 .....	90
二	生态系统中的能量流动 .....	94
三	生态系统中的物质循环 .....	97
四	生态系统中的信息传递 .....	100
五	生态系统的相对稳定性 .....	103
六	生物圈是最大的生态系统 .....	106
第 2 节	人与环境的可持续发展 .....	109
一	人类社会发展对生态环境的影响 .....	109
二	全球性的环境问题 .....	114
三	生态环境保护 .....	118
附录 I	中英文词汇对照表 .....	127
附录 II	书海拾贝 .....	131

## 《稳态与环境》模块学习目标

说明稳态的生理意义。

描述体温调节、水盐调节、血糖调节。

概述人体免疫系统在维持稳态中的作用。

关注艾滋病的流行和预防。

概述人体神经调节的结构和调节过程。

概述人脑的高级功能。

描述动物激素的调节。

举例说明神经、体液调节在维持稳态中的作用。

探讨动物激素在生产中的应用。

概述植物生长素的发现和作用。

列举其他植物激素。

评述植物激素的应用价值。

列举种群的特征。

尝试建立数学模型解释种群的数量变动。

描述群落的结构特征。

阐明群落的演替。

讨论某一生态系统的结构。

分析生态系统中的物质循环和能量流动的基本规律及其应用。

举例说出生态系统中的信息传递。

阐明生态系统的稳定性。

探讨人口增长对生态环境的影响。

关注全球性生态环境问题。

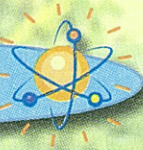
概述生物多样性保护的意義和措施。

形成环境保护需要从我做起的意识。

# 第1章 生物界是一个相对稳定的生命系统

## 主要内容

- 稳态的概念
- 不同层次的稳态
- 稳态的意义



每一个细胞、每一个生物个体、每一个种群乃至每一个生态系统都不是孤立存在的，它们都处于特定的环境之中，并与所处的环境相互作用，形成相对稳定的生命系统。

1857年，法国生理学家伯纳德(C. Bernard, 1813—1878)首先提出，细胞外液是机体细胞直接生活于其中的液体环境，称为内环境，并指出内环境的稳定是机体自由、独立生活的必要条件。1926年，美国生理学家坎农(W. B. Cannon, 1871—1945)将内环境的动态平衡，定名为稳态(homeostasis)。

另一方面，人们对生物与环境关系的研究，促进了生态学的发展。20世纪60年代以来，人口的大量增长和工业的高度发展，导致了自然资源的破坏与枯竭、生活环境的污染等许多全球性的问题，对人类生存造成了威胁。因此，如何维持生态平衡及生物圈的稳定引起了全人类的关注。

稳态的概念最初虽然仅用于说明内环境的相对稳定，但现在已广泛用于阐述各种生命活动的动态平衡状况，成为生命科学中一个非常重要的概念，而且稳态的原理已成为指导人们生活及生产实践的重要理论基础。例如，通过各种手段提高机体维持和恢复稳态的能力，从而达到防病治病的目的；在医学实践中，开始注重整体的稳态，从关注单个患者发展到关注群体健康，从关注生理健康发展到关注心理健康和社会关系健康；在经济发展方面，人们已开始能够自觉地爱护环境、关爱其他生物，从而谋求人和环境的和谐发展。

## 一 稳态的概念



### 阅读与分析

分析下述各种现象，讨论、总结出稳态的基本含义。

1. 血浆内含有多种酸碱缓冲对(如 $\text{NaHCO}_3/\text{H}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{NaH}_2\text{PO}_4$ 等)，在有酸性或碱性物质产生时，pH能保持基本不变。河流受到轻微污染时，其中的生物种类和数量不会发生明显变化。

2. 不小心划破了的皮肤，过几天又能恢复原样。一片草地发生火灾后，第二年又会长出茂密的草来，同时动物的种类和数量也逐渐恢复。

3. 居住在高原地区的人，红细胞数量和血红蛋白含量高于居住在平原地区的人。生活在炎热地带的狐，耳廓大于生活在寒冷地带的狐(图 1-1)。



图 1-1 狐耳的大小与气候的关系

在各种调节机制的作用下，生物体的生命活动水平和状态，生物群落的结构乃至整个生物圈的组成，都处于一种相对稳定的状态，称为稳态(homeostasis)。生命系统的稳态至少包含三方面的含义：相对不变性、可恢复性和适应性。相对不变性指的是生命系统受到干扰因素的影响时，所发生的变化很小；可恢复性指的是系统在干扰因素作用下偏离稳态后，能依靠自身的调节能力，返回到原来的状态；适应性是指在内、外环境中的干扰因素长期存在时，系统的内部结构和功能状态能发生与环境协调一致的变化。

## 二 不同层次的稳态

稳态是生物界的普遍现象，它表现在生物个体、群体以及整个生物圈各个层次上。

### ● 个体的稳态

生物个体是一个能够维持自我稳定的系统。以人体为例，神经系统和内分泌系统的调节作用，以及免疫系统的防御保护作用，使人体能够及时清除侵入机体的病原体和自身衰老、死亡或突变产生的异常细胞，并使体温、水盐代谢、血糖水平、消化、呼吸、排泄等各种生

命活动维持在相对平衡的状态。例如,在剧烈运动时,代谢率提高,通过各种调节机制,引起呼吸增强,心跳加快;因机体产热增加,散热过程也随之增强,皮肤血管扩张,汗液分泌增多。在运动停止后,心跳、呼吸、汗液分泌等都会逐渐恢复到运动前的水平;运动中出汗丢失的水分,可通过口渴诱发饮水行为而得到补充。

### ●群体的稳态

自然界中的每一种生物,都不是以单一个体存在的,而是与其他个体生活在一起,构成一个相互依赖、相互制约的群体。

由于受各种因素的影响,某种动物的数量经常会发生变动,如连续干旱或阴雨会使某些昆虫的数量大幅度变动,许多动物的数量表现出有规律的周期性波动(图 1-2)等。但是,生物数量的变动不是无限制的,而是表现出一种动态平衡或相对稳定,每一个物种不会突然消灭,也不会无限增多。

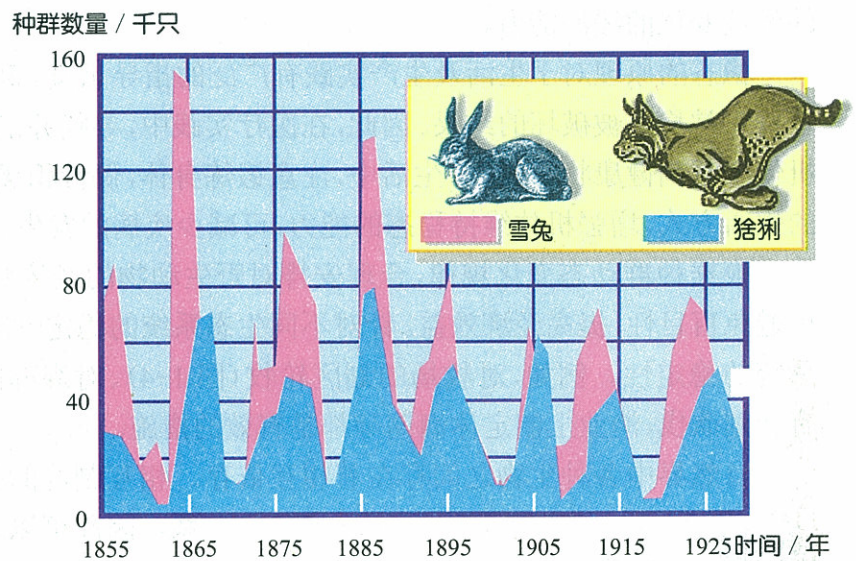


图 1-2 雪兔和猞猁种群数量的周期性波动

### ●生物圈的稳态

地球上的各种生物和它们的生活环境所组成的环绕地球表面的圈层,称为生物圈。生物圈具有多层次的自我调节能力,使生物圈的结构和功能长期维持在相对稳定的状态。如在某种生物的数量增加或减少时,食物链中相关生物种群的数量也将随之变化,从而使该种生物的数量又恢复到原来水平(图 1-3)。

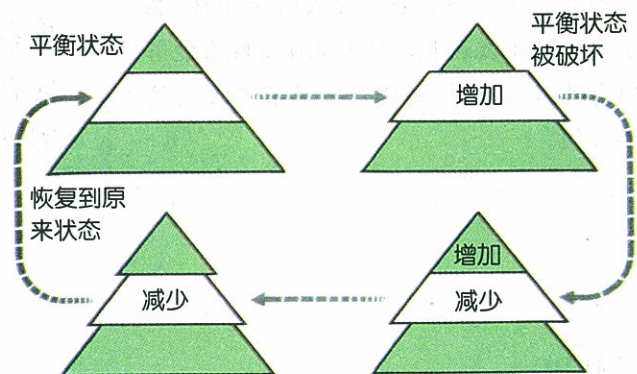


图 1-3 生物数量调节示意图

虽然生物圈具有很强的维持自我稳态的能力,但这种能力是有限度的。人类活动对生物圈的影响在许多方面已经超过这种限度,使生物圈的稳态受到破坏,造成了许多全球性环境问题,如土地沙漠化、森林植被遭到破坏、生物多样性锐减、全球气温上升、臭氧层损耗等。



### 三 稳态的意义

稳态对于维持正常的生命活动具有重要的生物学意义。不论是细胞、生物个体还是生物群体，都必须在一定的环境条件下才能存活。个体的稳态为体内的各种细胞提供了适宜的内环境，群体或生物圈的稳态，为每一个生物个体或生物群体提供了适宜的生存环境。

稳态也必须依靠机体的代谢活动和行为来维持。各种生物不仅能适应环境，还能影响和改变环境。多种多样的生物不仅使地球生机盎然，而且增强了地球的自我调节能力和对剧烈的环境变化的缓冲能力。

稳态的原理对于生活及生产实践有广泛的指导意义。例如，机体的病理状态归根到底是一种正常稳态被破坏的结果。因此，在医疗实践中，寻找并消除破坏稳态的致病因素，从而使机体恢复到健康状态。日常生活中，注意锻炼身体，保持积极向上的生活态度，采取文明健康的生活方式，增强机体维持稳态的能力，可减少疾病的发生。

根据种群动态变化规律，合理安排对野生动物的经济利用以及农林害虫、害兽的防治，可避免盲目性，提高经济效益。针对不同生态系统的稳定性特点，采取相应对策，可提高生态系统的稳定性。例如，对牧场的划区轮牧(图 1-4)、对森林的有计划砍伐、渔业上制定休渔期等都是有效的措施。

自然界中各种生物之间存在着相互依存、相互制约的关系，因此可以通过一定手段对某种生物种群的数量进行调节，使生态系统的稳态向着对人类有益的方向发展。



#### 小资料

划区轮牧就是根据牧场的产草量和畜群的大小，把牧场划分成若干小区，在这些小区轮流放牧。划区轮牧使牲畜能够均匀地采食牧草，并保证牧草有充足的恢复时间。

关系，因此可以通过一定手段对某种生物种群的数量进行调节，使生态系统的稳态向着对人类有益的方向发展。

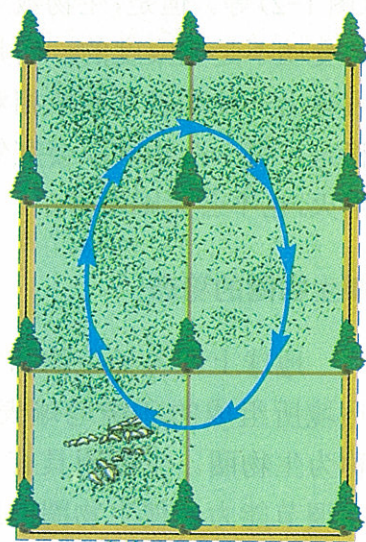


图 1-4 划区轮牧示意图

#### 自我检测

1. 在某个生态系统中，生活着甲、乙、丙、丁等动物，这些动物的个体数存在如下关系： $甲 < 乙 < 丙 < 丁$ ，而它们平均体重的关系为  $甲 > 乙 > 丙 > 丁$ 。请分析：
  - (1) 动物甲、乙、丙、丁可能有什么样的食物关系？
  - (2) 如果动物乙急剧减少，对其他动物将产生何种影响？
2. 人体要维持稳态必须摄取食物和水，农业上也必须投入种子、肥料等物资才能保证农产品的生产，但一个自然生态系统不需投入就能维持稳态。试分析其原因，并说明为什么现代化的生产和生活会增加环境污染。

## 本章小结

节次	重要概念	重要术语
	<ul style="list-style-type: none"><li>● 在各种调节机制的作用下，生物体的生命活动水平和状态，生物群落的结构乃至整个生物圈的组成，都处于一种相对稳定的状态，称为稳态。</li><li>● 生命系统的稳态至少有三方面的含义：相对不变性、可恢复性和适应性。</li><li>● 稳态是生物界的普遍现象，它表现在生物个体、群体以及整个生物圈各个层次上。</li><li>● 稳态为生物体的正常生命活动提供了适宜的环境，生物的活动也对周围环境产生影响。根据稳态的特点，人们可以采取相应措施，对稳态施加影响，从而为生产实践服务。</li></ul>	



# 第2章 生物个体的内环境与稳态

## 主要内容

### 1. 人体的代谢与稳态

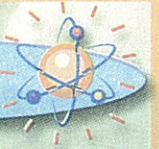
- 内环境与稳态
- 模拟实验 模拟反馈调节
- 水和无机盐的平衡
- 血糖的平衡
- 模拟实验 模拟尿糖的检测
- 体温的平衡

### 2. 人体的免疫与稳态

- 免疫应答
- 免疫失调引起的疾病
- 调查 调查青少年中常见的免疫异常
- 流行病的危害与预防

### 3. 人体生命活动的神经调节

- 人体的“通讯网”
- 神经调节的基本过程
- 实验 人眼视网膜盲点的检查
- 神经调节与稳态
- 实验 动物对适宜温度的行为选择
- 脑的高级功能
- 实验 记忆广度的测试



1857年,伯纳德提出机体内环境的概念,并指出“身体的所有活命机制,尽管种类不同,功能各异,但只有一个目的:使内环境保持恒定”。

内环境的稳定有赖于调节系统的调节。最初人们认识到机体调节的手段是神经调节,神经调节的基本方式是反射。反射的概念首先是由法国哲学家笛卡尔(R. Descartes, 1595—1650)提出来的。英国生理学家谢灵顿(C. S. Sherrington, 1857—1952)第一个系统地研究了动物脊髓的反射特点。苏联的巴甫洛夫(I. P. Pavlov, 1849—1936)深入地研究了大脑的反射,提出了条件反射学说。

20世纪初期,英国生理学家贝利斯(W. M. Bayliss, 1860—1924)和斯塔林(E. H. Starling, 1866—1927)在狗身体中发现了一种可以促进胰腺分泌的特殊化学物质,并取名为促胰液素,这是生理学史上发现的第一个动物激素。促胰液素的发现,动摇了机体生理机能完全由神经调节的观念,揭开了机体生理机能调节中化学调节的秘密。

现在已经清楚,当内、外环境因素发生改变后,机体的一切调节活动的结果都是为了使机体更好地适应环境并维持内环境的稳定。

近些年来,神经调节和化学调节相互配合,共同维持内环境稳态的传统观念受到了挑战。研究表明,免疫系统在维持内环境稳态的过程中也发挥着重要的作用。目前认为,神经系统可以感受精神和躯体的刺激,免疫系统可感受肿瘤、病毒、毒素等的刺激,神经系统与免疫系统成为机体的两大感受系统,它们通过一些共同的介导物质相互作用,使机体保持稳态。

现代分子生物学技术的发展和运用,使生命科学的研究进入亚细胞和分子水平,这些研究对于进一步了解机体的整合功能是十分必要的。但是科学家认识到,单纯靠分子生物学揭示生命活动的理化本质是远远不够的。把不同层次的问题结合起来,用整合的观点来阐述生命现象,越来越受到科学家的重视。

#### 4. 动物生命活动的化学调节

- 化学信号——激素
- 实验 性诱剂诱杀昆虫实验
- 激素的生理作用及作用特征
- 实验 甲状腺激素对蝌蚪变态和发育的影响
- 激素调节信号转导的分子机制
- 体液调节与稳态
- 实验 运动对呼出气体  $\text{CO}_2$  含量的影响
- 激素的应用

#### 5. 植物生命活动的调节

- 植物的应激性
- 生长素
- 探究 探究不同浓度吲哚乙酸对插条生根的影响
- 植物激素的种类
- 植物生长调节剂及其应用

# 第 1 节 人体的代谢与稳态

新陈代谢是生命活动的最基本特征，人体不断地从外界环境中摄入自身需要的营养物质，并将代谢废物排到外界环境中去，从而实现生长、发育、生殖等各种生命活动。但是，外界环境是不断变化的，而人体内的各种生物大分子必须在适宜的条件下才能保持活性。因此，在长期的演化过程中，人体形成了各种调节机制，使机体的内环境能够维持在相对稳定的水平，保证了生命活动的正常进行。那么，什么是机体的内环境，内环境是如何维持稳定的呢？

## 一 内环境与稳态

人体深层的细胞，一般不直接与外环境接触，而是生活在一个与外环境相对隔绝的内部环境中，这样，无论外环境如何变化，只要内部环境能够维持稳态，机体的新陈代谢就可正常进行。

### ● 内环境的概念

人体内的水分和溶解在其中的物质，总称为体液 (body fluid)。体液占体重的 60%~70%，其中 2/3 存在于细胞内，称为细胞内液 (intracellular fluid)，其余的 1/3 存在于细胞外，称为细胞外液 (extracellular fluid)。

细胞外液是细胞生存的直接环境，因处于机体的内部，称为机体的内环境 (internal environment)，以区别于整体所处的外环境。

### ● 内环境的稳态及其意义

细胞外液包括血浆 (plasma)、组织液 (interstitial fluid)、淋巴液 (lymph) 等。各部分细胞外液之间、细胞外液与细胞内液之间彼此隔开，但又能进行物质交换 (图 2-1)。在不断的物质交换过程中，内环境的温度、pH 等理化性质保持相对稳定，称为内环境的稳态。

内环境的相对稳定是细胞进行正常生命活动的必要条件。这是因为，新陈代谢过程中的各种酶促反应，要求温度、pH 以及某些离子的浓度等都必须维持在一个适宜的范围内；组织细胞的兴奋性、物质转运等生命活动也只有在一一定的理化条件下才能实现，如果内环境在某一方面的变化超出了正常范围，将引起组织细胞的功能紊乱，甚至导致严重后果。

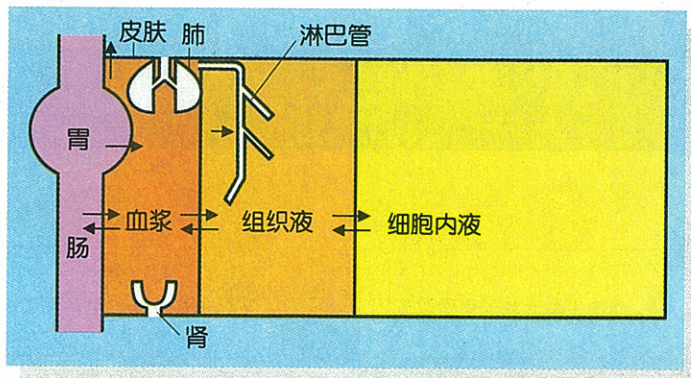


图 2-1 体液分布及其相互关系示意图

机体的新陈代谢和外环境的强烈变动都会干扰内环境的稳态。因此,机体必须对各种组织、器官的功能活动不断进行调节,及时纠正内环境的变动,才能维持内环境的相对稳定。

## ●内环境稳态的调节

机体内环境之所以能维持稳态,主要依靠反馈调节。



### 模拟实验

## 模拟反馈调节

### 活动目标

1. 说明反馈调节的含义。
2. 分析反馈调节的基本过程。

### 材料用具

布条, 粉笔等。

### 方法步骤

1. 选出两名同学,一名为受控者,另一名为控制者。
2. 在黑板上画一个小圆圈。受控者用布条蒙住双眼,面对黑板,手指指在小圆圈内。
3. 受控者的手指离开小圆圈较长一段距离。
4. 由控制者发出指令,受控者按照指令活动,直到手指再回到小圆圈内。



### 总结与讨论

1. 步骤3中,“受控者的手指离开小圆圈”意味着什么?
2. 受控者手指离开小圆圈后,能否自己顺利地将手指返回到小圆圈内?
3. 控制者能够发出正确指令的依据是什么?

在上面的实验中,控制者根据受控者的状态(手指位置)发出适当的指令,受控者按照控制者的指令进行操作,操作的结果“反馈”给控制者,控制者再发出新的指令,二者互为因果,相互作用,最终达到目标。

人体好比一个精密的自动控制系统(图2-2)。自动控制系统由接收、控制、受控和监测等装置构成闭合回路。输出信息被监测装置检测后,发出反馈信息输送回控制装置;控制装置

对反馈信息和输入信息进行比较,并调整自身的活动状态,从而使受控装置的功能状态得到精确的调节,这种调节方式称为反馈调节(feedback regulation)。如果反馈信息使输出进一步增强,称为正反馈(positive feedback);如果反馈信息使输出减弱,称为负反馈(negative feedback)。

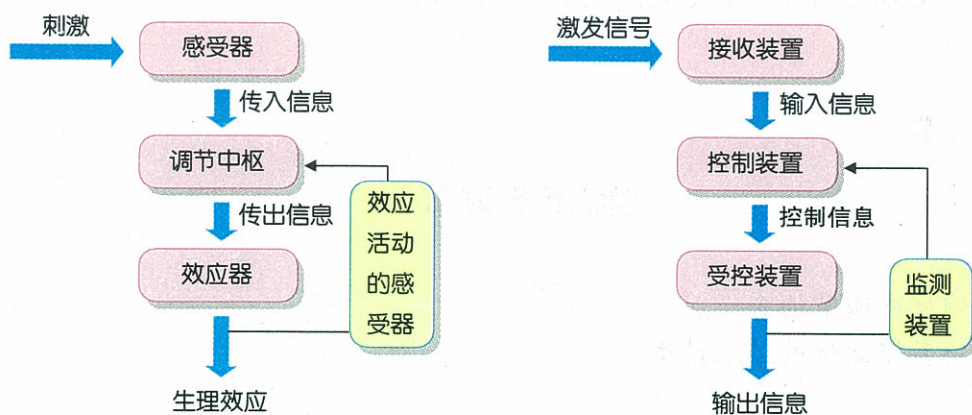


图 2-2 人体调节系统(左)与自动控制系统(右)的比较

人体维持内环境稳定的反馈调节作用,多数属于负反馈调节,如后面将要讲到的“水的平衡及其调节”“无机盐的平衡及其调节”“血糖平衡的调节”“体温调节”等。

## 二 水和无机盐的平衡

人在大量出汗后,或吃的饭菜过咸时,就会感到口渴,而在大量饮水后,尿量就会增加。儿童长期缺钙会导致佝偻病,缺铁会导致贫血。这说明水和无机盐在人体生命活动中具有重要作用。

### ● 水的平衡及其调节



#### 数据分析

分析表中的数据,回答下列问题:

1. 水的排出量增加时,人体通过哪些方式维持水的平衡?
2. 人为什么每天要补充水,同时又要排出一定量的尿?

表 2-1 正常成人每天水的平均排出量

排出途径	排出形式	排出量 /mL
肾脏	尿液	1 500
皮肤和呼吸器官	表层蒸发和呼气	400~600
消化道	粪便	100

人体内水的来源主要是饮水和食物中所含的水,此外,代谢过程也产生一部分水。肾脏排尿是体内水的最主要排出途径,人通过饮水行为和排尿量的调节,使水的摄入量与排出量相适应,从而保持机体的水平衡。

摄入的水经消化道吸收后,随血液循环到肾脏,在肾小球被滤入肾小囊形成原尿。原尿流经肾小管和集合管时,一些溶质和99%以上的水被重吸收。另外,肾小管也分泌和排泄一些物质,如 $K^+$ 、 $H^+$ 、 $NH_3$ 等。原尿中未被重吸收的成分,再加上由肾小管分泌和排泄的物质一起形成终尿(图2-3)。终尿经输尿管进入膀胱,最终被排出体外。

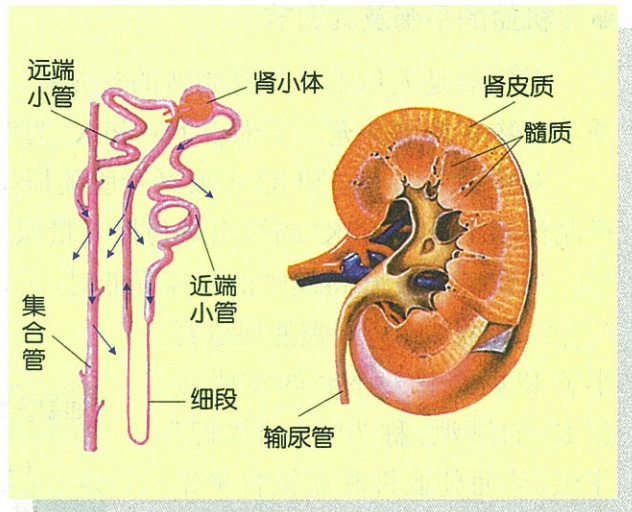


图 2-3 尿的形成示意图

体内缺水时,细胞外液的渗透压升高,使下丘脑中的渗透压感受器受到刺激。感受器产生的兴奋,一方面传至大脑皮质,产生渴觉,激发饮水行为;同时,刺激下丘脑的某些神经细胞,使抗利尿激素(antidiuretic hormone, ADH)合成增加。ADH能促进肾小管和集合管对水的重吸收,从而减少尿的排出(图2-4)。

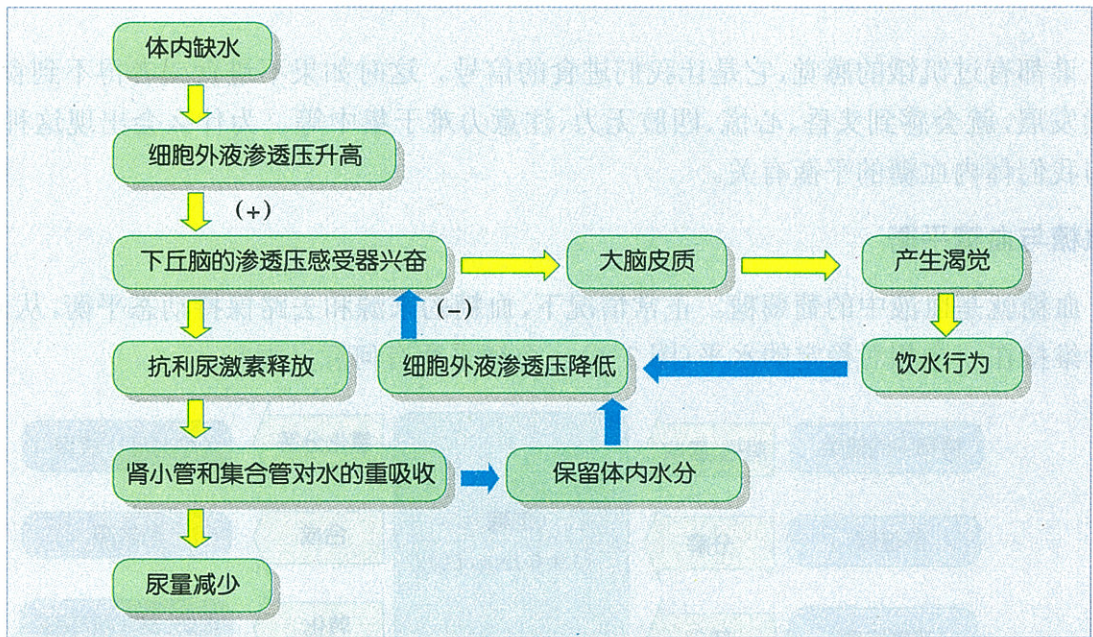


图 2-4 水平衡调节示意图

人体每昼夜有 35~50 g 的代谢废物必须要随尿液排出体外,而溶解这些代谢废物的最低尿量应在 500 mL 以上。如果尿量过少,代谢废物不能及时随尿液排出体外,就会引起中毒而损害健康。因此,人每天必须保证水的摄入量,以维持一定的尿量,排出体内的代谢废物。



### ●无机盐的平衡及其调节

无机盐是人体不能自身制造的营养素，人体在代谢过程中不断流失的一些无机盐，必须从食物中得到补充。下面以  $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$  为例来进行说明。

人体摄入的  $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$  主要经肾脏随尿排出，也有少量随汗液和粪便排出。在各种调节机制作用下， $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$  的排出量与摄入量保持着平衡。

当血钾含量升高或血钠含量降低时，可以直接刺激肾上腺皮质，使醛固酮 (aldosterone) 的分泌量增加。醛固酮能促进肾小管和集合管对  $\text{Na}^+$  的重吸收和  $\text{K}^+$  的排泄，称为“保钠排钾”作用，从而使血钾和血钠含量维持平衡。相反，当血钾含量降低或血钠含量升高时，则使醛固酮的分泌量减少，其结果也是维持血钾和血钠含量的平衡 (图 2-5)。与血钠含量降低相比，醛固酮分泌对血钾含量升高更为敏感。

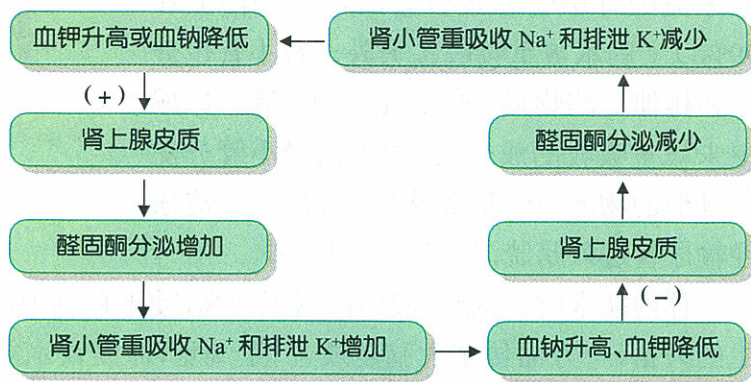


图 2-5 血钾、血钠平衡调节示意图

### 三 血糖的平衡

谁都有过饥饿的感觉，它是让我们进食的信号。这时如果不进食或者得不到食物，饥饿继续发展，就会感到头昏、心慌、四肢无力、注意力难于集中等。为什么会出现这种现象呢？这与我们体内血糖的平衡有关。

#### ●血糖与血糖平衡

血糖就是血液中的葡萄糖。正常情况下，血糖的来源和去路保持动态平衡，从而使血糖含量维持在一个相对稳定的水平 (图 2-6)。血糖平衡有何意义呢？

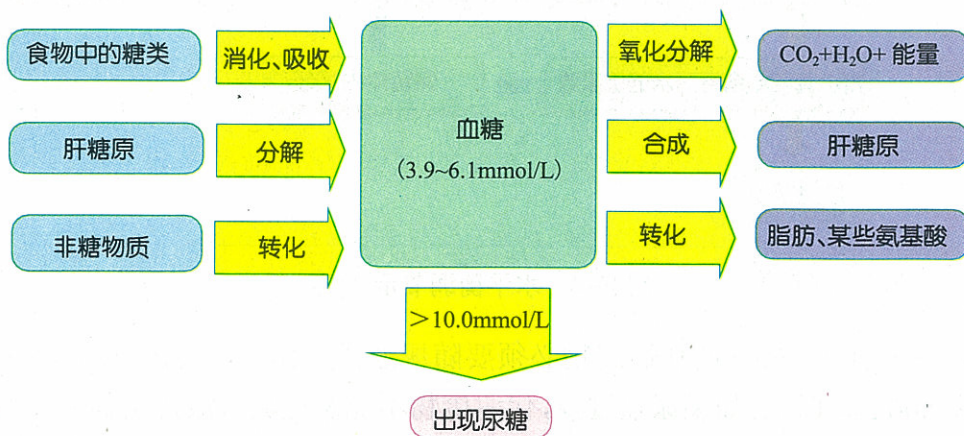


图 2-6 血糖来源和去路示意图

葡萄糖是机体的主要供能物质,虽然细胞内有一定的糖贮备,但只能满足短时间内的代谢需要,必须有血糖的不断供应;有些细胞(如神经细胞)内糖贮备很少,其所需能量几乎完全依赖于血糖。如血糖浓度过低,细胞的能量供应就会不足,使人感到头昏、心慌、四肢无力等。在血糖水平超过机体需要时,葡萄糖就会转变成糖原、脂肪等贮存起来,从而维持血糖的平衡。如果细胞不能有效地吸收和利用血糖,在细胞能量缺乏的同时,还会导致血糖浓度过高,使葡萄糖从肾脏排出,形成糖尿(glycosuria),造成体内营养物质流失,同样有损健康。因此,维持一定的血糖含量,是机体进行生命活动的基本条件。那么,血糖是如何维持平衡的呢?

### ● 血糖平衡的调节

血糖平衡依赖于激素的调节作用。人体内影响血糖水平的激素有多种,但以胰岛素(insulin)和胰高血糖素(glucagon)的作用为主。胰岛素能降低血糖,胰高血糖素则会使血糖升高。

胰岛素和胰高血糖素都是由胰岛分泌的。胰岛是胰腺内具有内分泌功能的细胞团(图 2-7),其中的 A 细胞能分泌胰高血糖素,B 细胞能分泌胰岛素。

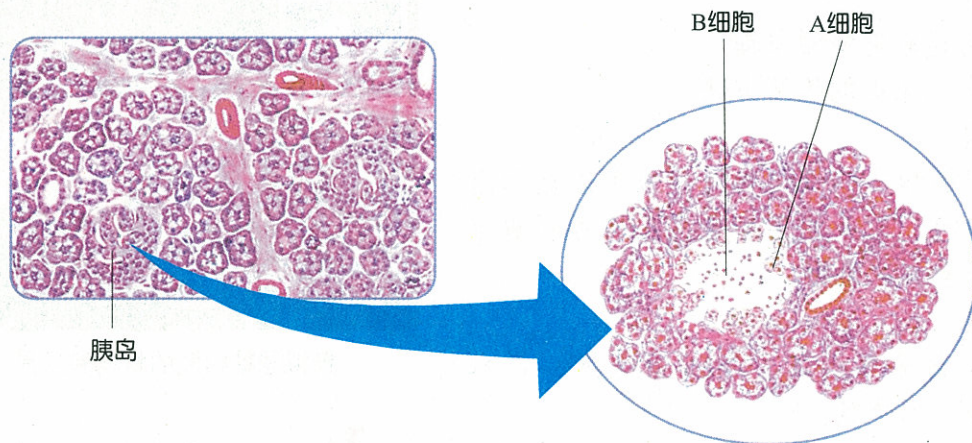


图 2-7 胰腺的组织结构

胰岛的 A 细胞和 B 细胞能感受血糖浓度的变化。人们进食后,食物中的糖类被消化分解为葡萄糖后吸收入血液,血糖升高,使胰岛 B 细胞的活动增强,胰岛素分泌增多。胰岛素一方面促进全身各种组织细胞对血液中葡萄糖的摄取、贮存和利用;另一方面又能够抑制肝糖原的分解和非糖物质转化为葡萄糖,总的效应是既增加了血糖的去路,又减少了血糖来源,结果使血糖含量降低。

当血糖含量降低时,胰岛 A 细胞的活动增强,胰高血糖素分泌增多。胰高血糖素主要作用于肝,促进肝糖原的分解,并使非糖物质转化为葡萄糖,从而使血糖含量升高。

胰岛的 A 细胞和 B 细胞除直接受血糖含量的影响外,还受神经系统的控制。交感神经兴奋能刺激 A 细胞分泌胰高血糖素;副交感神经兴奋能刺激 B 细胞分泌胰岛素(图 2-8)。

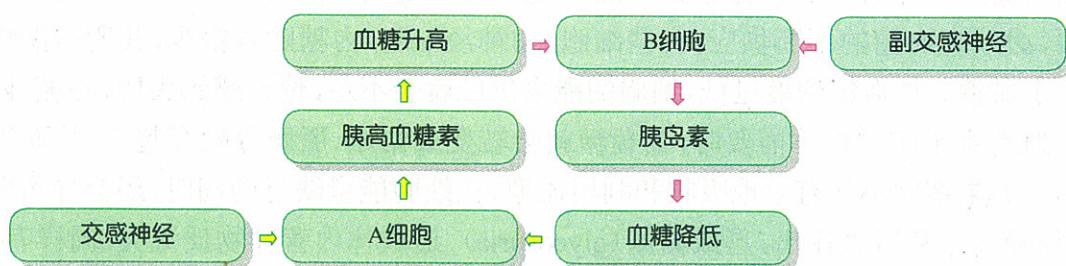


图 2-8 血糖平衡调节示意图

## ● 糖尿病及其防治



### 模拟实验

## 模拟尿糖的检测

### 活动目标

1. 简述尿糖检测原理。
2. 尝试尿糖的检测方法。

### 实验原理

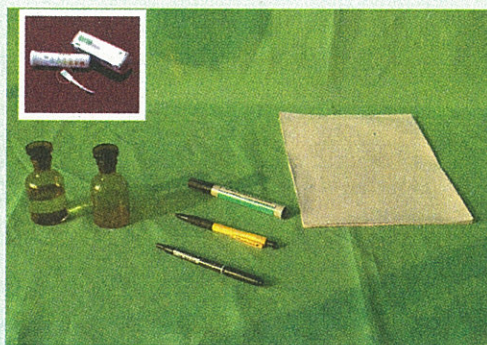
葡萄糖和某些化学物质反应可以显示出特殊的颜色，因此根据颜色反应即可判断溶液中是否含有葡萄糖。

### 材料用具

水，葡萄糖溶液；葡萄糖试纸，样本瓶，滴管，记号笔。

### 方法步骤

1. 将样本瓶分别标记为 A、B，A 瓶中加入水，B 瓶中加入葡萄糖溶液。
2. 分别用滴管从样本瓶内吸取溶液，滴在葡萄糖试纸上，观察试纸的颜色变化，将结果填入下表。



模拟尿糖检测的材料和用具



1. 每个样本必须专用一个滴管，不能混用。
2. 不要让样本溶液污染操作环境。

检测结果记录表

被检测样品	水	葡萄糖溶液
颜色变化		
结果分析		

## 总结与讨论

本实验中,水和葡萄糖溶液分别代表什么?为什么本实验可以模拟尿糖的检测?

正常情况下,从血液滤入肾小囊的葡萄糖在流经肾小管时,又完全被重吸收入血液,所以尿中不含葡萄糖。但肾小管的重吸收能力是有一定限度的,当血糖含量超过  $10.0 \text{ mmol/L}$  时,就会出现糖尿,说明这个浓度是肾重吸收葡萄糖的最高界限,称为肾糖阈。如果空腹状态下持续出现糖尿则为糖尿病(diabetes)。

患糖尿病的直接原因是血糖浓度过高,超过了肾糖阈,因此有些葡萄糖随尿液排出。根本原因至少有两种:一是胰岛素缺乏,如先天性 B 细胞数量不足,或因病毒感染等原因导致 B 细胞被广泛破坏,因而不能产生足够的胰岛素;二是胰岛素作用发生障碍,如胰岛素受体减少或对胰岛素不敏感等,虽然 B 细胞能分泌足够的胰岛素,但不能充分发挥作用。临床上,把前一种原因导致的糖尿病,称为胰岛素依赖性糖尿病,简称 I 型糖尿病;把后一种原因导致的糖尿病,称为非胰岛素依赖性糖尿病,简称 II 型糖尿病。

I 型糖尿病患者必须注射胰岛素,才能维持正常的血糖水平;II 型糖尿病患者不需要注射胰岛素,可以通过合理饮食、控制体重和锻炼身体等措施来控制糖尿病的症状。有糖尿病家族史的人、肥胖且缺少运动的人,更容易患糖尿病,应进行早期预防。

## 四 体温的平衡

春夏秋冬,寒暑更替,我们的体温并不随外界温度的变化而发生大幅度波动,总是保持在  $37^\circ\text{C}$  左右。如果体温偏离正常值过多,就会影响机体的代谢活动。因此,医生给患者看病时,常用测量体温的方法来帮助诊断病情。那么,体温的含义是什么?体温的相对稳定有什么意义?人体又是如何维持体温稳定的呢?

### ● 体温的相对稳定及其意义

体温是指机体内部或深部的温度。临床上常用口腔、腋窝或直肠温度来代表,其中直肠温度最接近人体内部的温度,正常值为  $36.9^\circ\text{C}\sim 37.9^\circ\text{C}$ ,但直肠温度测量不方便,因此大多采用腋下和口腔温度。正常人的口腔温度为  $36.7^\circ\text{C}\sim 37.7^\circ\text{C}$ ,腋窝温度为  $36.0^\circ\text{C}\sim 37.4^\circ\text{C}$ 。

体温因昼夜、年龄、性别等的不同而有所不同。在一日之内,人的体温呈周期性波动,清晨最低,下午最高,但其波动幅度一般不超过  $1^\circ\text{C}$ 。儿童的体温稍高于成年人;成年人的体温稍高于老年人;女性的体温平均比男性高  $0.3^\circ\text{C}$ ;成年女性的体温还随月经周期而变动(图 2-9)。

体温稳定是机体正常生命活动的必要条件。体内各种理化过程,特别是由各种酶参与的代谢活动,都需要有一个适宜的温度范围,体温过高或过低,都将引起酶活性的改变或丧失,从而导致生理功能障碍,甚至危及生命。

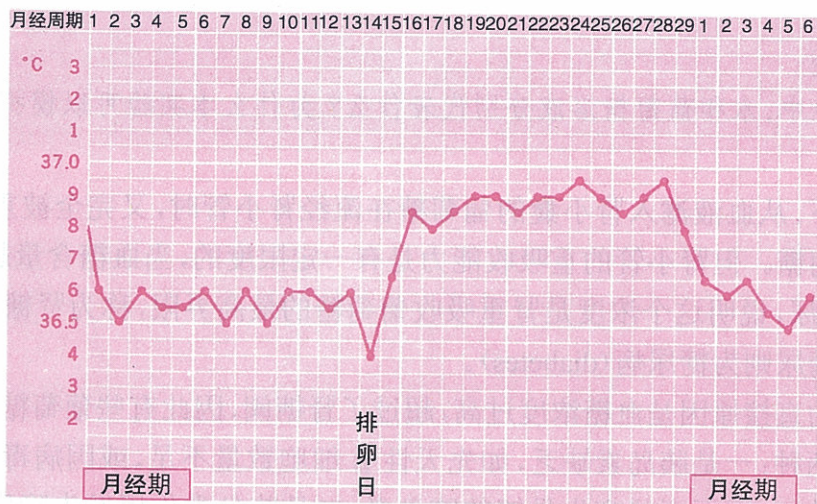


图 2-9 成年女性体温的月经周期变化

## ● 人体的产热和散热



### 数据分析

分析表中数据，回答以下问题：

1. 运动使机体的产热量大幅度增加，此时的体温有何变化？
2. 剧烈运动所产生的热量，将通过哪些途径散发出去？
3. 为了利于这些热量的散发，机体将发生哪些适应性变化？

表 2-2 几种组织器官在不同状态下的产热百分比

组织器官	占体重的百分比 / %	产热量 / %	
		安静状态	劳动或运动
脑	2.5	16	1
内脏	34.0	56	8
骨骼肌	56.0	18	90
其他	7.5	10	1

人的体温来源于体内物质代谢过程中所释放出来的热量。体温的相对稳定则是机体产热量和散热量动态平衡的结果。

人体产热量的多少与代谢强度密切相关，肌肉运动、精神活动、环境温度过高或过低、进食等都会增加机体的产热量。

人体产生的热量有 90% 以上经皮肤散发到外界，一小部分随呼吸、排便散失。皮肤的散热方式有辐射、对流、传导和蒸发，各种散热方式所散发热量的多少，取决于皮肤和环境之间



### 思考

在同样的气温条件下，为什么在刮风天人会感觉冷或比较凉爽呢？

的温度差。当环境温度接近或超过皮肤温度时,辐射、对流和传导散热的方式失去作用,人体几乎全靠汗液蒸发来散热。在人的正常体温条件下,蒸发 1 g 水可使机体散发 2.43 kJ 的热量。那么,人体怎样调节产热和散热过程,来维持体温的相对稳定呢?

### ● 体温的调节

人的体温调节包括行为性调节和生理性调节两种方式。行为性调节是指在意识控制下,人通过相应的行为活动,以达到御寒或祛暑的目的。生理性调节是指在非意识控制下的反馈调节,首先通过各种温度感受器,把体内、体外温度变化的信息传递给体温调节中枢,然后经传出神经或体液途径,调节皮肤血流量、汗腺分泌、代谢水平和肌肉寒战等,协调产热和散热过程,从而维持体温稳定。

温度感受器分为外周温度感受器和中枢温度感受器。外周温度感受器分布于皮肤、黏膜和内脏中,中枢温度感受器存在于脊髓、脑干网状结构及下丘脑等部位。

实验证明,调节体温的基本中枢在下丘脑。下丘脑将外周温度感受器和中枢温度感受器的传入冲动进行整合,调节机体的产热和散热过程(图 2-10)。

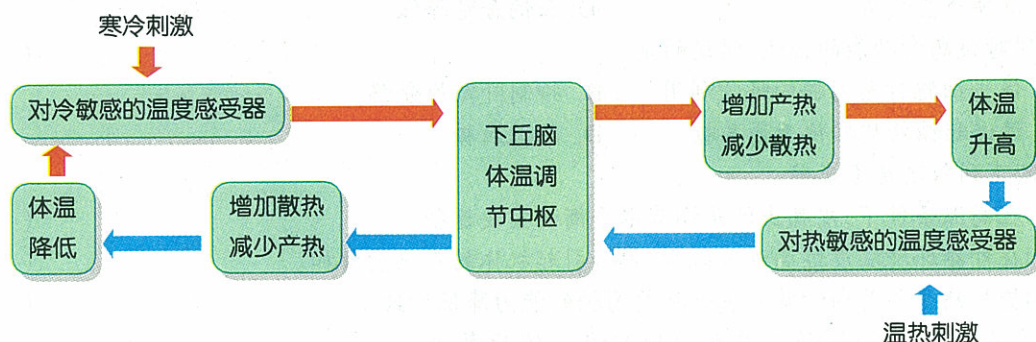


图 2-10 体温反馈调节示意图

当人处于寒冷环境中时,对冷刺激敏感的感受器兴奋,并将兴奋传入下丘脑的体温调节中枢,通过中枢的分析、综合,再经传出神经,引起皮肤血管收缩,减少皮肤血流量,降低皮肤温度,从而减少散热量;增强骨骼肌紧张性,甚至发生寒战,使产热量增加;还可以促进肾上腺髓质分泌肾上腺素,导致体内代谢活动增强,从而增加产热量。

当人处于炎热环境中时,对热刺激敏感的感受器兴奋,将兴奋传入下丘脑的体温调节中枢,通过中枢的整合作用,使皮肤血管舒张,增加皮肤的血流量,并促进汗腺分泌等,从而使散热量增加。另一方面,人可以通过主动减少活动使产热减少。

### ● 体温调节障碍

人体调节体温的能力是有限度的。在寒冷环境中,散热过多、过快,如果机体的产热量不能补偿散失的热量,将引起体温降低。一般把低于 36℃ 的体温称为体温过低(hypothermia)或低体温。人的体温降至 28℃ 时,将丧失意识;降至 20℃ 时,通常不易恢复。

在高热环境、剧烈运动等情况下,如果体内产生的热量不能及时散发出去,将引起体温升高。体温高于 40℃ 称为体温过高(hyperthermia)。人的体温高于 41℃ 时将引起中枢神经系统活动障碍,出现说胡话、神志不清等症状;超过 43℃ 时就会有生命危险。一般认为人的

致死体温为  $45.5^{\circ}\text{C}$ ，这可能与蛋白质在  $45^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$  之间开始发生非可逆变性有关。

体温持续地高于正常水平，称为发热 (fever)。发热的原因很多，有感染、组织损伤、内分泌失调、免疫异常、恶性肿瘤、毒物和药物作用等，其中以感染引起的发热最为常见。



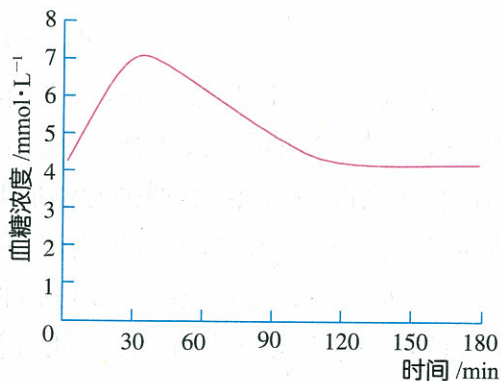
思考

发热对人体有何益处或害处？



### 自我检测

- 下列项目，不属于机体内环境的是 ( )
  - 血浆
  - 细胞内液
  - 组织液
  - 细胞外液
- 能促进肾小管重吸收  $\text{Na}^+$  的激素是 ( )
  - 醛固酮
  - 胰岛素
  - 肾上腺素
  - 抗利尿激素
- 能引起抗利尿激素释放的有效刺激是 ( )
  - 血糖浓度升高
  - 细胞外液渗透压升高
  - 血钾含量升高
  - 血钠含量降低
- 下列对胰岛素功能的描述，错误的是 ( )
  - 促进细胞对葡萄糖的吸收利用
  - 抑制肝糖原分解
  - 促进非糖物质转化为葡萄糖
  - 降低血糖
- 判断下列叙述是否正确。
  - 在高温条件下，皮肤出汗是调节水平衡的重要途径。 ( )
  - 在外界环境温度过高或过低时，都将引起机体的产热量增加。 ( )
  - 糖尿病主要是由于肾脏重吸收葡萄糖的能力降低所致。 ( )
- 研究人员给动物饲喂高浓度的糖溶液，然后每隔 30min 测定一次动物的血糖浓度，由所得结果绘制出右图。分析该图并回答下列问题：
  - 摄取高浓度糖溶液后 15min 和 70min 时，血糖浓度大约各是多少？
  - 从该曲线能得出哪些结论？
  - 动物的血糖浓度是如何维持相对稳定的？



### 课外实践

利用计算机模拟人体某方面稳态的维持。

- 选择一种你想要模拟的稳态。
- 找出影响稳态的各种因素，明确各影响因素之间的关系。
- 确定呈现方式，可以是图像、动画、计算机运行程序等，然后开始制作。
- 演示你的作品，并与其他同学进行交流和讨论。

## 第 2 节 人体的免疫与稳态

在我们的生活环境中,存在着大量的细菌、病毒等病原体,机体自身也会不断产生一些异常的细胞,但一般情况下它们并不能对人体造成危害。这都有赖于免疫系统的功能。那么,免疫系统是如何发挥作用的呢?

### 一 免疫应答

人体的皮肤、黏膜、体内的吞噬细胞等,对各种病原体都有一定的防御作用,称为非特异性免疫应答(non-specific immune response);侵入机体的病原体以及体内的异常细胞,还能刺激机体发生一系列生理反应,有针对性地清除这些抗原,称为特异性免疫应答(specific immune response)。那么,哪些细胞参与了特异性免疫应答呢?



思考

什么是抗原?

#### ● 免疫细胞及其功能



#### 阅读与分析

科学家为了找出在体内发挥免疫功能的细胞,做了以下实验。请分析实验的过程和结果,得出结论,并理解这些实验研究的基本原理。

实验 1:用大剂量放射线照射小鼠,小鼠就很容易感染疾病。

实验 2:给受放射线照射后的小鼠注射来自胸腺的淋巴细胞,免疫功能得到一定恢复,但不能产生抗体。

实验 3:给受放射线照射后的小鼠注射来自骨髓的淋巴细胞,体内可产生少量抗体,但免疫功能仍很差。

实验 4:给受放射线照射后的小鼠同时注射来自胸腺和来自骨髓的淋巴细胞,小鼠可恢复免疫功能,并且能产生大量抗体。

特异性免疫依赖于两种淋巴细胞的协同作用,一种在胸腺内发育成熟,称为胸腺依赖性淋巴细胞(thymus-dependent lymphocyte),简称 T 细胞;另一种在骨髓内发育成熟,称为骨髓依赖性淋巴细胞(bone-marrow dependent lymphocyte),简称 B 细胞(图 2-11)。T 细胞被激活后,能分化出具有杀伤作用的效应 T 细胞和分泌多种淋巴因子(如白细胞介素 II 等),主要清除被感染的细胞、自身突变细胞和来自异体的移植物,所以称为细胞免疫(cellular immunity);

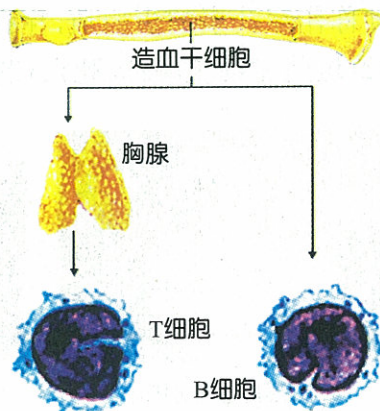


图 2-11 T 细胞和 B 细胞的发生



B 细胞被激活后,通过产生抗体发挥免疫效应,因抗体主要存在于体液中,所以称为体液免疫(humoral immunity)。

### ●细胞免疫应答过程

细胞免疫应答过程分为 3 个阶段:感应阶段、反应阶段和效应阶段。

#### 感应阶段——抗原识别阶段

T 细胞不能直接识别“自由的”抗原,只能识别在细胞表面与 MHC 分子结合的抗原。病毒基因或肿瘤基因编码的蛋白分子,或侵入机体的病原体,被巨噬细胞吞噬后分解为小分子多肽,与 MHC 分子结合成抗原肽—MHC 分子复合物,然后转移到细胞表面,即可被 T 细胞识别(图 2-12)。



#### 小资料

在 20 世纪初人们就发现,动物的自体组织移植不发生排斥反应,而异体组织移植会发生排斥,这种决定个体特异性、能引起强烈排斥反应的抗原就称为主要组织相容性抗原,编码这类抗原的基因群叫作主要组织相容性复合体(major histocompatibility complex, MHC),其表达产物统称为 MHC 分子。

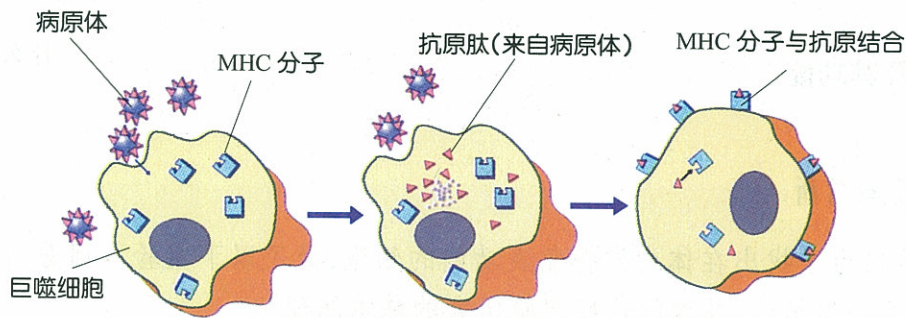


图 2-12 抗原与 MHC 分子结合示意图

#### 反应阶段——T 细胞活化、增殖和分化阶段

T 细胞识别抗原后,就转化为 T 淋巴母细胞,并大量增殖。其中大部分细胞功能活跃,称为效应细胞;小部分细胞转入静息状态,称为记忆细胞。当有同种抗原再次侵入机体时,记忆细胞可迅速转化和增殖,使机体能长期保持对该种抗原的免疫能力。

#### 效应阶段——抗原清除阶段

T 细胞活化后,有些细胞分化为具有特异性杀伤能力的效应 T 细胞,效应 T 细胞能分泌一种称作穿孔素的蛋白质,穿孔素可将被病毒感染的细胞或肿瘤细胞的膜溶解而形成孔洞,导致这些靶细胞解体、死亡(图 2-13)。



图 2-13 T 细胞杀伤靶细胞

活化后的 T 细胞还能释放白细胞介素 II (interleukin II, IL-II) 等细胞因子, 刺激 B 细胞分化为浆细胞和记忆细胞, 并可增强巨噬细胞和 NK 细胞的活性(图 2-14), 提高对抗原的杀伤作用。

### 小资料

NK 细胞是自然杀伤细胞(natural killer cell)的简称, 它是不同于 T 细胞和 B 细胞的另一类淋巴细胞, 其表面没有特异性抗原识别受体, 具有天然杀伤活性, 能非特异性地杀伤病毒感染细胞和某些肿瘤细胞等。

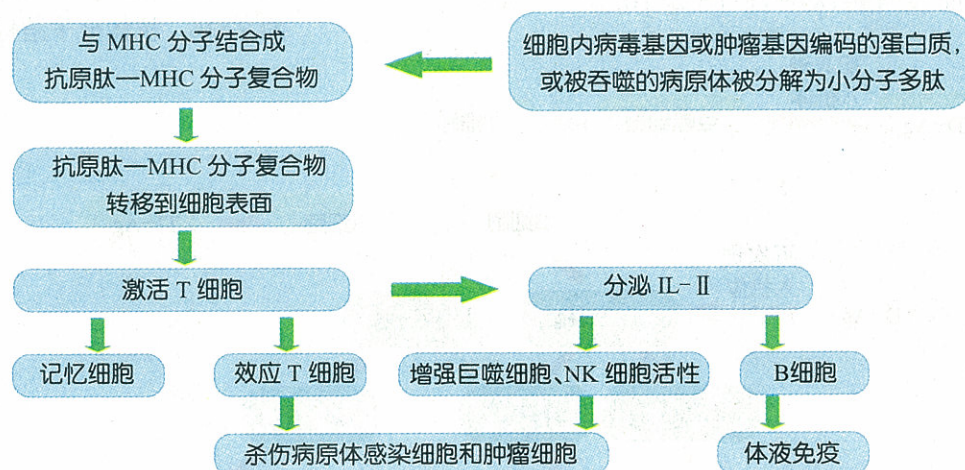


图 2-14 细胞免疫过程示意图

## ● 体液免疫应答过程

体液免疫应答过程也分为与细胞免疫应答相似的 3 个阶段。

### 感应阶段——抗原识别阶段

B 细胞表面存在着识别抗原的特异性受体。进入体内的抗原, 大部分必须在 T 细胞的辅助下才能激活 B 细胞, 这类抗原称为胸腺依赖抗原(thymus dependent antigen, TD-Ag); 少数抗原(如细菌的脂多糖、荚膜多糖等)不需要 T 细胞的辅助, 可以直接激活 B 细胞, 这类抗原称为胸腺非依赖抗原(thymus independent antigen, TI-Ag)。

### 反应阶段——B 细胞活化、增殖和分化阶段

B 细胞被抗原激活后, 增殖、分化成为浆细胞, 浆细胞能够分泌与抗原相应的特异性抗体。

抗体是能与抗原发生特异性结合而发挥免疫活性的球蛋白, 也称作免疫球蛋白(immunoglobulin, Ig)。抗体由 4 条多肽链构成, 并由二硫键连接成“Y”形结构。抗体中 2 条较长的肽链, 相对分子质量较大, 称作重链; 另 2 条较短的肽链, 相对分子质量较小, 称作轻链。抗体的每条链可分为可变区和恒定区两部分, 可变区是与抗原结合的部位(图 2-15)。

当 TD-Ag 初次进入机体后，被巨噬细胞吞噬，产生抗原肽—MHC 分子复合物，激活 T 细胞。在 T 细胞分泌的淋巴因子的辅助作用下，激活 B 细胞形成浆细胞，由浆细胞分泌出特异性抗体。与此同时，另有一小部分 B 细胞转变为记忆细胞。当第二次与相同抗原接触后，记忆细胞可迅速增殖、分化成为浆细胞，分泌大量抗体，产生更为强烈的再次应答。当 TI-Ag 进入机体后，直接激活 B 细胞，形成浆细胞分泌抗体，但 B 细胞不能转变为记忆细胞，所以仅有初次应答，而没有再次应答(图 2-16)。

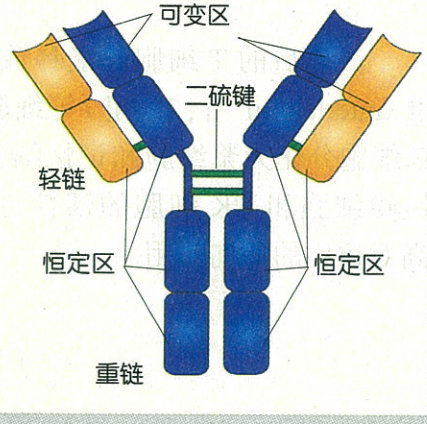


图 2-15 抗体分子结构示意图

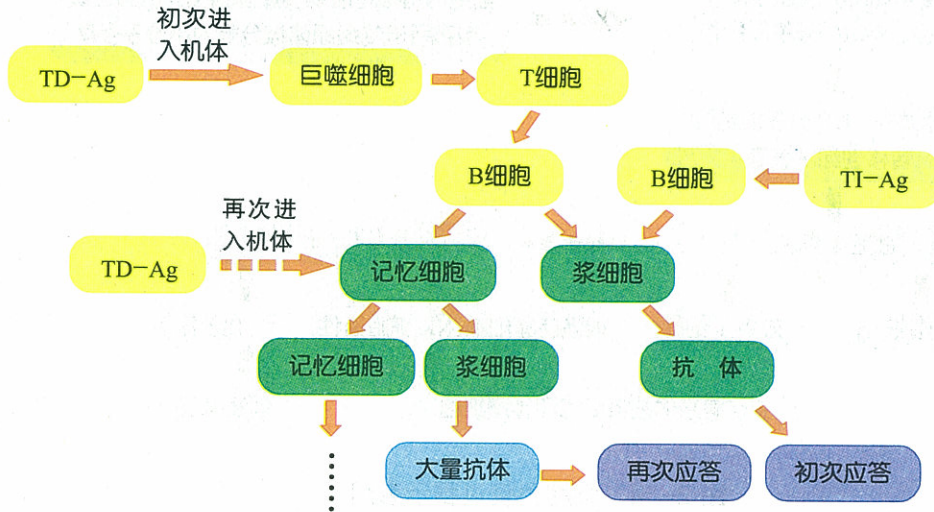


图 2-16 体液免疫过程示意图

### 效应阶段——抗原清除阶段

机体产生抗体后，抗体与抗原结合形成抗原—抗体复合物，抗体可以中和抗原，使抗原不能再与人的细胞结合，因而失去活性或感染能力(图 2-17a)。另外，大部分抗原上存在着多个与抗体结合的部位，因此，多个抗体和多个抗原可相互结合在一起形成牢固的网状结构，如抗原是可溶性的，抗体可使其失去溶解性而沉淀；如果是位于细胞上的抗原，抗体可使这些细胞凝结成团而失去活性。

抗体还能够增强吞噬细胞的活

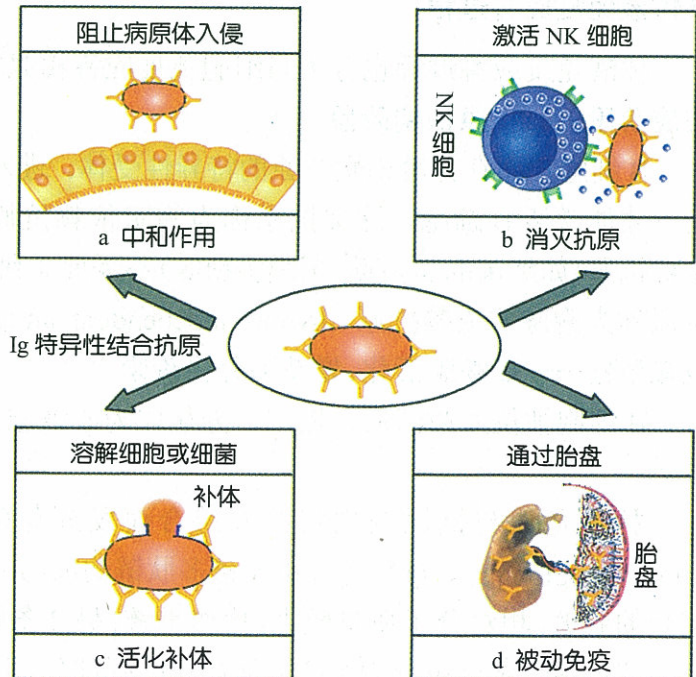


图 2-17 抗体的作用示意图

性和激活 NK 细胞。巨噬细胞可以吞噬抗原—抗体复合物，激活的 NK 细胞可以杀伤与抗体结合的靶细胞(图 2-17b)。

抗原—抗体复合物还能活化补体系统。补体(complement)是一组具有酶活性的血浆蛋白，正常情况下，补体以非活化的前体形式存在。抗体与抗原结合后，抗体的构型发生变化，与补体结合的位点暴露出来，从而引起补体系统的活化。被激活的某些补体成分可插入到靶细胞膜中，导致靶细胞内容物外流而死亡(图 2-17c)。

母体产生的抗体还可通过胎盘进入胎儿体内，使新生儿产生被动免疫能力(图 2-17d)。

## 二 免疫失调引起的疾病

正常情况下，人体的免疫系统能及时排除非己抗原，并将免疫反应限制在合适的程度和范围内，从而维持机体的生理平衡和稳定。如果免疫功能失调，将导致组织损伤或生理功能紊乱，如超敏反应、自身免疫病、免疫缺陷病等。

### ● 超敏反应



#### 调查

### 调查青少年中常见的免疫异常

#### 活动目标

1. 说明免疫功能对维持机体稳态的意义。
2. 运用调查研究的方法。

#### 材料用具

笔，记录本，计算器等。

#### 方法步骤

1. 确定调查范围和调查对象。例如，你所在学校的全部学生，也可以确定几个班级，或者在几个班级中随机抽取一部分学生。
2. 确定调查内容和项目。例如，是否在接触(或吸入、注射、服用)某些物质(食物、药物、化学药品等)后出现特殊的不适症状；是否很容易患某些疾病或者正在患病；有无明确诱因；有无家族史；是否曾到医院就诊，医院的诊断结果如何；需要特殊说明的问题等。
3. 确定调查方式。可采用询问的形式，让被调查者回答，由调查者记录；也可用填表的形式，把调查表发给被调查者，填好后收回。
4. 设计调查表。无论采用哪种调查方式，都要事先设计好调查表。调查表的格式可根据调查项目和调查方式确定。



#### 注意

1. 注意保护个人隐私。
2. 避免使用诱导性的或者令被调查者反感的语言。

5. 分组进行调查。
6. 统计、分析调查结果, 写出调查报告。

### 总结与讨论

1. 你所调查的人群中有哪些免疫异常? 其中可疑病例和确诊病例各有多少, 占多大比例? 有无性别差异和年龄差异?
2. 哪些免疫异常是先天性的? 哪些是后天形成的? 有的免疫异常是否与某种特殊因素密切相关?
3. 对于免疫异常的防治, 你有哪些建议?

有的人用过某种药物后会发疹甚至休克, 有的人接触某些化学物品后会发皮炎, 有的人吸入某些花粉或粉尘后会发鼻炎。这些都是超敏反应(hypersensitivity)的表现。

超敏反应又叫变态反应(allergy), 引起超敏反应的物质叫作变应原(allergen)。发生超敏反应的人常有家族史。

超敏反应实质上是一种非正常的、病理性的免疫应答, 所以它也具有特异性和记忆性。根据免疫损伤的机理不同, 可将超敏反应分为四种类型, 分别称为 I 型、II 型、III 型和 IV 型超敏反应。下面着重介绍 I 型超敏反应的发生机理。

引起 I 型超敏反应的变应原种类很多, 如各种动植物蛋白、花粉、尘螨、药物等。变应原可通过消化道、呼吸道、皮肤接触、注射等途径进入体内。

变应原进入体内后, 刺激机体产生抗体, 抗体与肥大细胞、嗜碱性粒细胞膜上的相应受体结合, 这一过程称为致敏。当相同的变应原再次进入机体时, 就与致敏细胞上的抗体结合, 使这些细胞释放组织胺等物质。这些物质可引起小血管扩张, 毛细血管通透性增加, 消化道及呼吸道平滑肌收缩, 黏膜或腺体分泌活动增强等(图 2-18), 出现各种临床症状。

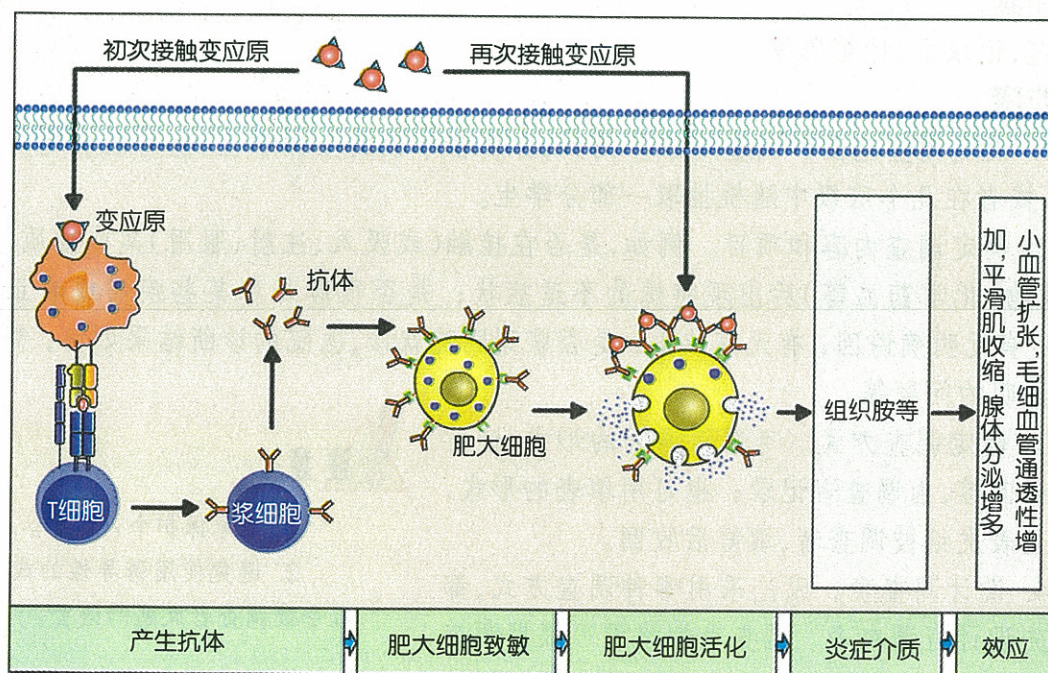


图 2-18 I 型超敏反应发生机理示意图

由于超敏反应是机体接触变应原而引起的，因此找出变应原，并尽量避免与其再次接触，是预防超敏反应的主要措施。另一方面，可根据超敏反应的发生发展过程，干扰或切断其中某个环节，从而达到防治目的。

### ● 自身免疫病

免疫系统识别“自己”和“非己”的功能对维护机体稳态十分重要。如果免疫系统对自身组织发生免疫反应，就叫作自身免疫。如果自身免疫反应达到一定强度，对自身的组织和器官造成了损伤或功能障碍，就称为自身免疫病(autoimmune disease)。例如，链球菌与关节滑膜具有共同的抗原性，人体被链球菌感染后，所产生的抗体在攻击病菌的同时，也攻击自身的关节滑膜，从而引起关节炎(图 2-19)。

另外，免疫细胞由于突变而失去原有的识别能力，将自身抗原误认为非己抗原而发生免疫反应，也会导致自身免疫病。

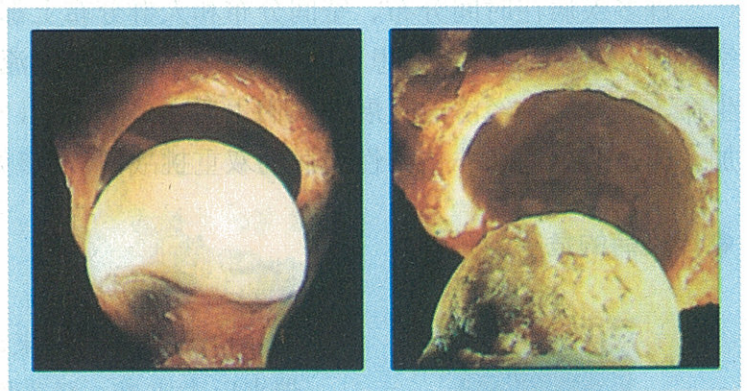


图 2-19 健康关节(左)和病态关节(右)

### ● 免疫缺陷病

机体免疫功能不足或缺乏而引起的疾病，称为免疫缺陷病(immunodeficiency disease)。免疫缺陷病可分为两类：一类是由遗传因素或先天性免疫系统发育不全而引起的，称为先天性免疫缺陷；另一类是由后天因素引起的，称为获得性免疫缺陷。获得性免疫缺陷可由感染、恶性肿瘤、营养不良等引发。艾滋病就是由人类免疫缺陷病毒(human immunodeficiency virus, HIV)感染引起的免疫缺陷。

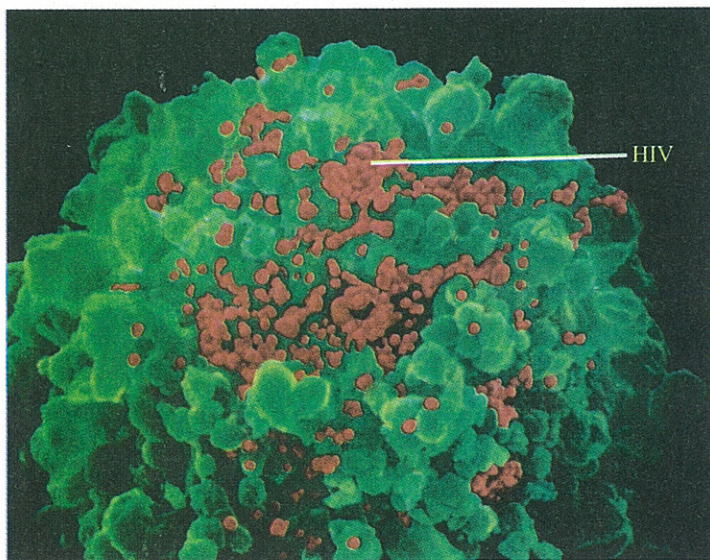


图 2-20 HIV 攻击 T 细胞

艾滋病是获得性免疫缺陷综合征(acquired immunodeficiency syndrome, AIDS)英文缩写 AIDS 的译音。该病于 1981 年在美国首次报道，现已在至少 200 多个国家和地区传播蔓延。至 2009 年 10 月底，全球累计艾滋病感染者和艾滋病人有 3340 万人。

HIV 是一种逆转录病毒，它攻击人体的 T 细胞(图 2-20)，结果导致 T 细胞的杀伤力减弱，B 细胞不能产生特异性抗体，使免疫功能处于瘫痪状态，各种病原体则乘虚而入，最终导致患者全身衰竭而死亡。

HIV 存在于感染者的血液、精液、阴道分泌物及唾液、泪液、尿液和乳汁中,主要通过性接触传播和血液传播,被 HIV 感染的母亲可以在孕期、分娩和哺乳时传给她的孩子。

目前还没有治疗艾滋病的特效药物和措施,采取健康的生活方式是预防艾滋病的关键。对艾滋病患者,应遵照人道主义原则,帮助他们树立生活信念,注意精神及营养卫生,对已出现的症状积极治疗,以减轻痛苦,延长生命时间。

### 三 流行病的危害与预防

许多疾病在时间分布、空间分布和人群分布上都有各自的特征。如果在一定的时间和空间内,人群中的许多人患了同种疾病,就称为疾病流行。传染病的流行曾夺去了许多人的生命,随着社会经济的发展和人们生活方式的改变,一些非传染性疾病的患病率也逐渐增加。面对传染病和非传染性疾病的双重挑战,我们该如何应对呢?

#### ● 传染病的危害与预防



图 2-21 全球最后一名天花病人

自人类诞生以来,传染病就肆虐人间,其流行曾给人类带来巨大灾难。随着医学的发展,各种疫苗、抗生素、磺胺类药物、高效杀虫剂的相继问世,脊髓灰质炎、鼠疫、霍乱等许多传染病得到了有效控制,并且在全球范围内消灭了天花。最后一名天花病人是 1977 年 10 月在索马里确诊的一名男性患者(图 2-21)。

然而,由于种种原因,人类传染病又出现了许多新的情况。如:出现耐药性病原体;开垦荒地、砍伐森林引起出血热的发生和流行;气候变暖导致按蚊异常繁殖,造成疟疾流行;人口频繁流动增加了疾病传播机会;色情服务、多性伙伴助长性病传播等,有些已被控制的传染病又死灰复燃,一些新的传染病也相继出现(如艾滋病、O<sub>139</sub> 霍乱)或被发现(如莱姆病、丙型肝炎、戊型肝炎)。对于新出现的传染病,人群中缺乏免疫力,对传播途径不甚了解,缺乏有效的预防、诊断和治疗措施,因而具有更大危害性。

传染病的预防,首先要重视经常性预防措施的贯彻和实施。其次,认真做好计划免疫是控制和消灭传染病的重要措施,即根据疫情监测结果和人群免疫水平的分析,按照科学的程序,有计划地使用疫苗对特定人群进行预防接种,从而达到控制和消灭相应传染病的目的。

在发生传染病或疫情后,要及早对病人、病原体携带者、与病人接触者、受感染的动物、疫源地等采取相应措施,最大限度降低发病率,防止疫情蔓延。



思考

在个人卫生方面,采取哪些具体措施能够预防传染病的传播?

## ● 非传染性疾病的危害与预防



### 阅读与分析

认真阅读表 2-3,就后面的问题进行分析和讨论。

表 2-3 非传染性疾病与传染病的不同点

	传染病	非传染性疾病
致病因子的性质	病原体	理化因子
致病因子的数量	单因子	多因子
传播性	可传播	不传播
致病性	一次感染即可患病	长期刺激才发病
潜伏期	一般较短,较明确	一般较长,不明确
病程	较短	较长
机体的免疫性	可产生	不产生

1. 传染病与非传染性疾病有哪些共同特点?传染病的预防措施中有哪些可用来预防非传染性疾病?
2. 除表中列出的外,非传染性疾病还有哪些不同于传染病的特点?
3. 非传染性疾病能否用预防接种的方法来预防?

非传染性疾病是不能在人群中传播的疾病,其致病因子复杂多样,如遗传或发育缺陷、机体代谢障碍、心理因素、不良生活习惯和行为、外界环境中的各种有害因素等,一般是多因子致病,并需要长期刺激才发病,机体不能因发病而获得免疫能力,因此不能用预防接种的方法来预防。

随着工业化的发展,人们的生活方式发生了很大变化,环境污染不断加剧,肥胖、糖尿病、心血管疾病、脑血管疾病、骨质疏松、癌症、抑郁症等非传染性疾病发病率升高,对人类健康造成了极大威胁。在发展中国家的死亡人口中,有 2/3 是非传染性疾病引起的。尤其是心血管疾病(图 2-22),已成为人类健康的“第一杀手”。因此,非传染性疾病的预防是人类面临的一项复杂而艰巨的任务。

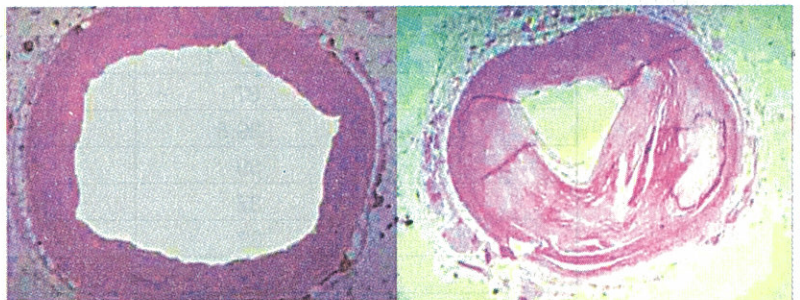


图 2-22 正常(左)和粥样硬化引起管腔狭窄(右)的冠状动脉

根据疾病的自然发生发展过程,非传染性疾病的预防措施可分为一级预防、二级预防和三级预防。

一级预防又称病因预防,是在疾病发生前针对致病因素(或危险因素)所采取的措施。例如:通过健康教育,使人们自觉地采纳有益于健康的行为和生活方式,减少或避免对致病因



子的暴露,从而免于发病;对病因明确的疾病,可采取特殊手段预防发病,如供应碘盐来预防地方性甲状腺肿。

二级预防又称“三早”预防,即早发现、早诊断、早治疗,是防止或减缓疾病发展而采取的措施。对于病因不明的疾病,不可能完全做到一级预防,因此早发现、早诊断并及早治疗,对于控制疾病发展是行之有效的措施。

三级预防又称临床预防,是为了减少疾病的危害而采取的措施,包括对症治疗和康复治疗。对症治疗可以改善症状,减少不良反应,预防并发症和伤残等;康复治疗可以促进已丧失生活、劳动能力或伤残者早日恢复身心健康,保存其创造经济价值和社会价值的潜力。



### 热点讨论

就艾滋病或 SARS 的危害与预防开展讨论(提示:从病原体的性质,传播途径,疾病的症状,对人体的危害,对社会的危害,预防和治疗思路等方面来思考)。



### 自我检测

1. 人体内受 HIV 攻击的细胞是 ( )  
A. T 细胞      B. 浆细胞      C. B 细胞      D. 巨噬细胞
2. 下列疾病中,可用预防接种的方法预防的是 ( )  
A. 糖尿病      B. 冠心病      C. 肺癌      D. 麻疹
3. 在孕期检查中,发现胎儿的染色体异常,为避免有遗传病的患儿出生而适时终止妊娠,这属于 ( )  
A. 一级预防      B. 二级预防      C. 三级预防      D. 以上都不对
4. 某人被细菌感染而患病后,其体温和抗体水平的变化情况见下表。请分析表中数据,并完成后面的问题。

星期	体温 / °C	抗体水平
一	37	低
二	39.8	低
三	39	中
四	37	高
五	37	中
六	37	低
日	37	低

- (1) 根据表中体温和抗体水平的变化及其二者的关系,说明人体免疫系统是如何维持内环境稳定的?
- (2) 如果同样的细菌再次进入人体,抗体和体温将发生何种变化?
5. 在妊娠期,母亲体内的抗体(IgG)可以通过胎盘进入胎儿体内,因此可以使婴儿获得对某些疾病的免疫能力。请据此回答下列问题:

- (1) 婴儿在出生前从母体获得的免疫能力可以维持多年甚至终生吗? 为什么?  
(2) 新生儿在出生前从母体获得的免疫能力是非特异性的还是特异性的? 理由是什么?



### 课外实践

搜集防治流行病的措施。



### 开阔眼界

#### 恶性肿瘤的危险信号

发生恶性肿瘤的早期阶段,往往没有明显症状,但总有一些蛛丝马迹。世界卫生组织于1972年提出了恶性肿瘤的“八种危险信号”:(1)可触及的硬结或硬变;(2)疣或黑痣发生明显变化;(3)持续性消化不良;(4)持续性嘶哑、干咳及吞咽困难;(5)月经期不正常的大出血,月经期外出血;(6)鼻、耳、膀胱或肠道不明原因的出血;(7)经久不愈的伤口,不消的肿胀;(8)原因不明的体重下降。

危险信号并不一定就是恶性肿瘤,其他疾病也可能有类似症状,但不可掉以轻心,一旦发现上述症状,应及时到医院检查。

## 第3节 人体生命活动的神经调节

假如你正在操场边的甬道上沉思散步,突然一只足球向你的头部急速飞来,你肯定会急忙眼睛一闭、把头一歪,将足球闪过。紧接着你的心马上会“怦怦”地跳,甚至会全身冒出冷汗。你能解释受到意外惊吓刺激后身体产生这一系列反应的原因吗?其实,这都是人体的神经系统调节的结果。

中枢神经系统对内是怎样管理人体的感觉和运动,对外又是怎样调节人体适应环境的呢?脑的高级机能都有哪些?又是怎样进行活动的呢?

## 一 人体的“通讯网”

中枢神经系统位于人体的脑颅腔和脊椎管中,是管理全身各个器官和组织活动的调节中枢,由中枢神经系统发出的神经纤维分布于全身各处,由此构成人体复杂的神经“通讯网”(图 2-23)。一旦中枢神经系统遭到破坏,全体的神经“通讯网”就会陷于瘫痪。

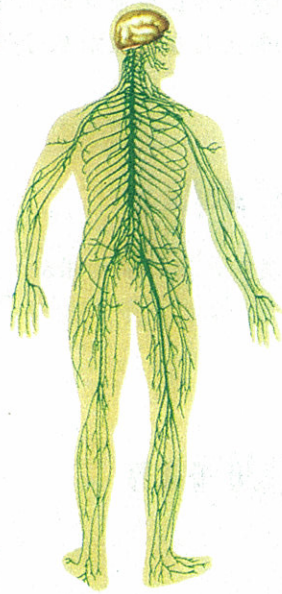


图 2-23 人体中枢神经系统发出遍布全身的“通讯网”

### ● “通讯网”的组成单位——神经元



#### 阅读与分析

单从细胞形态上看,你认为神经细胞(图 2-24 左)和上皮细胞(图 2-24 右)哪个更适合与其他细胞联系和传导信息?为什么?

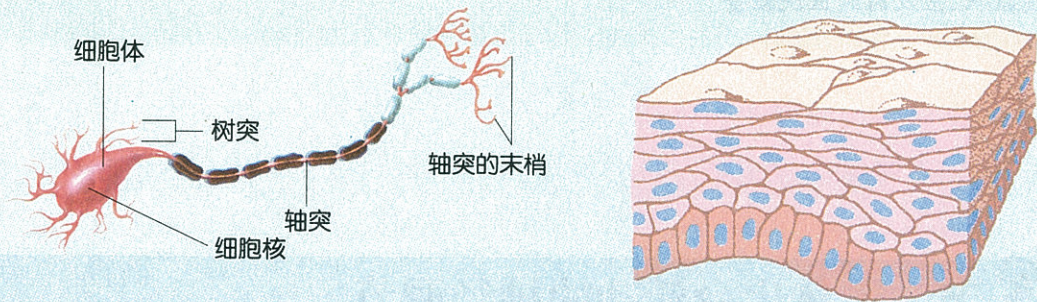


图 2-24 神经元(左)和上皮细胞(右)

组成神经系统的基本结构单位和功能单位是神经元。每个神经元都有许多条突起,其中只有一条是轴突,其余的都是树突。神经元的基本功能是接受刺激信息、传导信息 and 处理信息。众多纤长的神经纤维突起有利于与远处的细胞形成广泛的联系,并使信息传导一步到位。

## ● 中枢神经系统

中枢神经系统包括脑(brain)和脊髓(spinal cord)。机体绝大多数神经元都存在于中枢神经系统内部,数以亿计的神经元通过它们众多的突起彼此互相联系,形成了中枢神经系统内部复杂的神经元网络(图 2-25)。神经元之间不同的联系方式对信息传递产生不同的作用。神经元之间复杂而广泛的网络联系,有利于对不同信息进行分析整合。

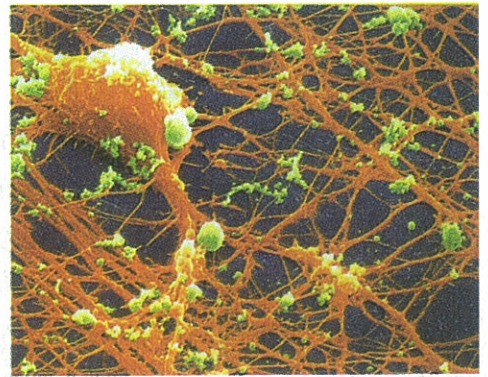


图 2-25 电子显微镜下的神经元网络

## ● 周围神经系统

周围神经系统包括脑神经、脊神经和植物性神经。周围神经系统的主要成分是神经纤维。周围神经系统根据神经纤维的功能(或信息传播方向)不同分为感觉纤维(或传入纤维)和运动纤维(或传出纤维);感觉纤维和运动纤维混合在一起的叫做混合性纤维。感觉纤维与感受器相联系,负责将外周感觉信息传入中枢;运动纤维与效应器相联系,负责将中枢整合的信息传出来支配效应器活动。

### 脑神经

脑神经是从脑的不同部位发出来的(图 2-26)。人的脑神经左右对称共有 12 对,它们的主要功能是管理头面部的感觉和运动、颈部和肩部的骨骼肌及胸腔、腹腔的内脏活动。

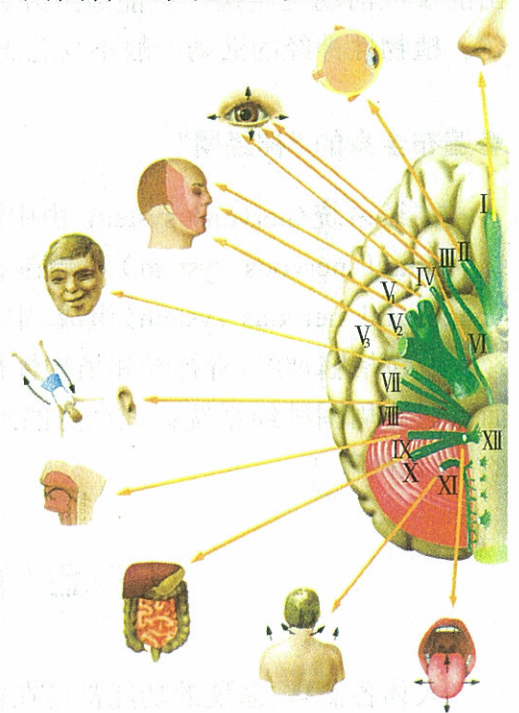


图 2-26 脑神经的联络范围

### 脊神经

脊髓的上端与脑干的延髓相连。由脊髓发出的脊神经共 31 对。脊神经主要分布于躯干和四肢,管理这些部位的感觉和运动。每一对脊神经都由前根和后根在椎间孔处会合而成。后根

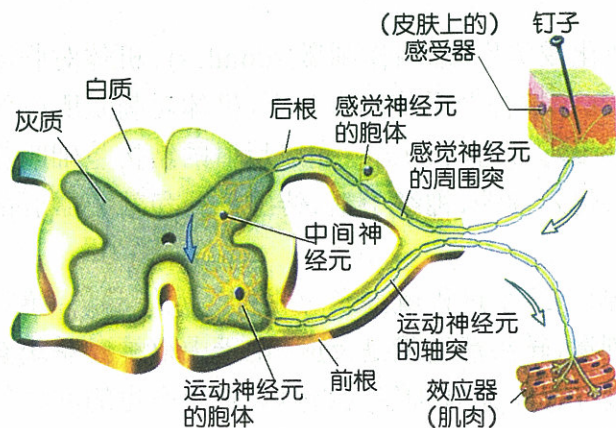


图 2-27 脊神经和反射弧

由脊神经节内感觉神经元的中枢突组成,是感觉纤维。感觉神经元的周围突随脊神经分布于身体各处,形成感觉神经末梢感受刺激,并将感觉的信息传入脊髓中枢。前根由脊髓内运动神经元的轴突组成,轴突随脊神经分布到身体的肌肉和腺体;前根神经纤维是运动纤维,负责将中枢的运动信息传出来控制肌肉的收缩和腺体的分泌(图 2-27)。

## 植物性神经

植物性神经系统是管理内脏、血管和腺体的传出神经,由交感神经(sympathetic nervous)和副交感神经(parasympathetic nervous)两部分组成。机体的绝大多数器官同时受交感神经和副交感神经双重支配(图 2-28),两种神经对同一器官的生理作用一般是相反对立的。例如,交感神经兴奋使心率加快、血压升高;副交感神经兴奋使心率减慢、血压降低。两种生理作用相反的神经共同调节同一个器官活动,可使器官做出的反应活动更精确,更能适应外界环境的变化。植物性神经的活动一般不受意志支配。

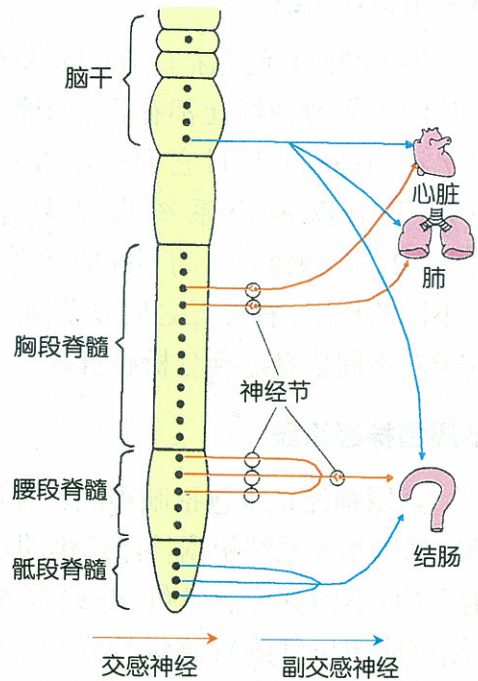


图 2-28 交感神经和副交感神经

### ● 遍布全身的“神经网络”

神经系统(nervous system)由中枢神经系统(central nervous system)和周围神经系统(peripheral nervous system)组成。中枢神经系统由脑和脊髓组成。由脑和脊髓发出的周围神经系统包括脑神经、脊神经和植物性神经。不仅中枢神经系统内部形成了复杂的“神经网络”,而且通过周围神经系统管理全身的感觉、运动,调节躯体和内脏的活动,也形成了遍布全身的“通讯网”。

## 二 神经调节的基本过程

人体各器官、系统的功能都是在神经系统的直接或间接调节控制下完成的。那么,神经系统是通过什么结构,又是怎样进行调节的呢?

### ● 神经调节的基本方式——反射

环境中能够引起有机体发生反应的任何变化或信号,都叫作刺激(stimulus)。机体对刺激所做出的各种应答活动,叫作反应(response)。在中枢神经系统的参与下,机体对刺激所产生的应答反应活动,叫作反射(reflex)。反射是神经调节的基本方式。完成反射的结构基础叫作反射弧(reflex arc)。完整的反射弧是由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器五部分组成的。

突然听到一声巨响,你会扭头转向声源方向。这个过程就涉及三种神经元的活动:感觉神经元、中间神经元和运动神经元。声响就是刺激,转头活动就是反应。由于中枢神经系统参与了对声响发生的转头反应,因此这是一种反射活动。感觉神经元将声音刺激产生的冲动信息传给神经中枢内的中间神经元;中间神经元起联络作用,它将冲动信息上传到大脑使你听

到声音。神经中枢对传来的信息分析综合以后,发出指令使运动神经元将冲动信息传到头颈部的相关肌肉,引起转头活动。这就是本反射活动的全部过程。

机体调节某一项活动的反射中枢一般都不是一个,不同水平中枢的调节能力是不一样的,脊髓和脑干是反射的低级中枢,大脑皮层是反射的最高级中枢。

机体的反射可以分为两大类:先天遗传下来不需要学习就会进行的本能反射,叫作非条件反射(unconditioned reflex);需要后天学习训练才能完成的反射,叫作条件反射(conditioned reflex)。

神经系统通过控制机体对刺激做出的适当反应活动来维持机体的稳态。比如刺激上肢引起缩手活动,对机体都具有防御保护意义;体内二氧化碳增多可反射性的增加肺通气量,有利于维持体内二氧化碳含量的稳定。

### ● 刺激信息的接收



## 人眼视网膜盲点的检查

### 活动目标

举例说明感受器在产生感觉中的作用。

### 实验原理

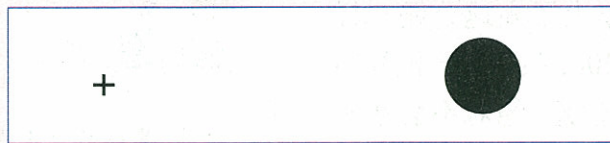
眼的视网膜上的感光细胞,能够感受光照刺激。当光线照射到没有感光细胞的部位时,人就看不到东西。

### 材料用具

白纸,直尺,圆规,笔。

### 方法步骤

1. 在白纸的左侧画一个小“+”字,在距“+”字右侧 5 cm 的地方画一个直径为 1cm 的圆圈,把圆圈内涂黑。



2. 将上述纸片平放在光线充足的桌面上。实验者闭上左眼,用右眼垂直凝视“+”字。

3. 然后由远及近移动头部,改变眼睛与“+”字的距离,注意用右眼的余光观察黑圆圈。

4. 当眼距离纸片 18 cm 左右时,你会发现黑色圆圈看不见了,原来的黑圆圈与白纸成为同一种颜色。当距离再近或者是再远一些时,黑圆圈又会逐渐重新出现。

### 总结与讨论

眼球的视网膜上为什么存在一个看不到东西的盲点?

视网膜上存在着感受光线刺激的感光细胞，当外界物体反射来的光线进入眼球到达视网膜时，感光细胞受光的刺激而产生兴奋，兴奋按照一定的路线传入大脑皮层视觉中枢，使人产生视觉。在眼球底部略偏鼻侧的视网膜上，有一个视神经穿出眼球壁的特殊部位，没有感光细胞分布。这个没有感光细胞的部位叫做生理盲点，简称盲点(blind spot)。

感受器(receptor)是机体接收内外环境刺激信息的装置。感受器的基本功能是接受刺激，产生兴奋。不同的感受器接受不同的刺激。感受器对人类认识客观世界和维持机体内环境的稳态非常重要。

### ●信息的传导

感受器受到刺激，与之相连的神经元就产生兴奋，并将兴奋传入中枢。兴奋在神经元上是怎样产生和传导的呢？神经纤维在未受刺激之前，细胞膜处于外正、内负的静息状态(图2-29A)。受到刺激兴奋时，兴奋部位的膜两侧出现暂时性的电位变化，细胞外电位变负、而细胞内电位变正，使兴奋部位与其邻近未兴奋部位因发生电位差而形成电荷流动。在细胞外邻近未兴奋部位电流向兴奋部位流动，而细胞内电流由兴奋部位向邻近未兴奋部位流动，因此形成环路电流(图2-29B)。这种局部的环路电流足以促使邻近未兴奋部位产生兴奋，如此把兴奋信息不断地向前推进(图2-29C)。

神经纤维产生的兴奋信息是以电信号的形式沿着神经纤维传导的，这种电信号也叫神经冲动。神经冲动一经产生便会沿着细胞膜快速传导，就像汽车上了高速公路一样飞驰前进，最快可达到120m/s。每一根神经纤维都独立传导自己的信息，绝对不会在不同的神经纤维之间发生信息“短路”，这个特点使信息传导具有高度准确性，是产生精细感觉或精确运动的重要保证之一。

### ●信息的传递

神经中枢内部的神经元之间是如何传递和处理信息的呢？

一个神经元与另一神经元密切接触并能传递信息的特殊部位叫突触(synapse)。突触是由突触前膜、突触后膜和突触间隙三部分组成的。由于突触间隙的存在，动作电位不能直接由前膜传到后膜，而是通过转换成前膜释放神经递质使信息传递过去。当前一神经元的兴奋

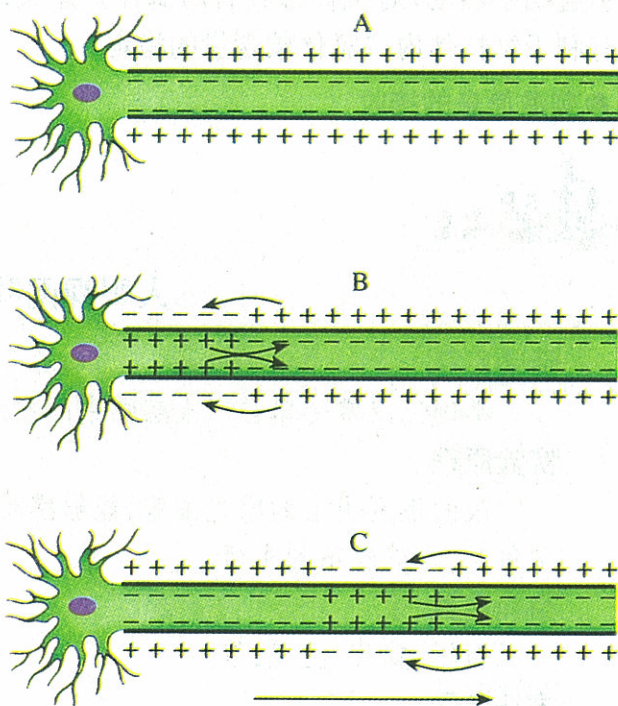


图 2-29 兴奋在神经纤维上的传导模式图



思考

某建筑工人在施工中不慎大腿受伤，医生诊断说大腿部的坐骨神经完全断了，该工人受伤大腿的下端还能够随意活动吗？受到刺激后还有感觉吗？为什么？

信号传到轴突末梢时，便引起轴突末梢将突触小泡中的神经递质分子以胞吐作用的方式由前膜释放到突触间隙。神经递质扩散到突触后膜，与后膜上的特异性受体结合，便打开了后膜上的离子通道产生跨膜流动，使后膜产生电位变化，标志着信息跨细胞传递的完成(图2-30)。兴奋跨越细胞传递的过程比较复杂，其传递速度也比较缓慢。

由于神经递质只存在于突触前膜的突触小泡中，只能由突触前膜释放，然后作用于突触后膜上，因此神经元之间兴奋的传递只能是单方向的，即从一个神经元的轴突传到下一个神经元的细胞体或树突。在特定情况下，突触释放的神经递质，也能使肌肉收缩和某些腺体分泌。

不同神经突触释放的神经递质不一样，同一种神经递质与突触后膜的不同受体结合后打开的离子通道也不一样，因此前一神经元释放神经递质有的使突触后细胞兴奋，有的使突触后细胞抑制。所以当—个运动神经元上同时有许多个突触传来神经冲动，或者是突触前膜连续传来多个神经冲动时，突触可以对这些复杂信息进行综合，使这个运动神经元做出恰如其分的传出反应活动。

### ● 传出信息的执行

神经中枢的任何活动命令都是经过传出神经纤维，以神经冲动的方式传给效应器(effector)，通过效应器的活动来实现的。机体的效应器种类很多，如肌肉(心肌、骨骼肌、平滑肌)、分泌腺(汗腺、唾液腺、胰腺)和组织细胞等。

## 三 神经调节与稳态

当机体的内、外环境发生改变以后，机体的生理机能通过调节也要随之发生相应的改变，以维持机体内环境的稳态和机体与环境之间的平衡。神经调节在这个过程中起着主导作用。

神经系统对稳态的调节，有行为性调节(behavioural regulation)和生理性调节(physiological regulation)两种方式。

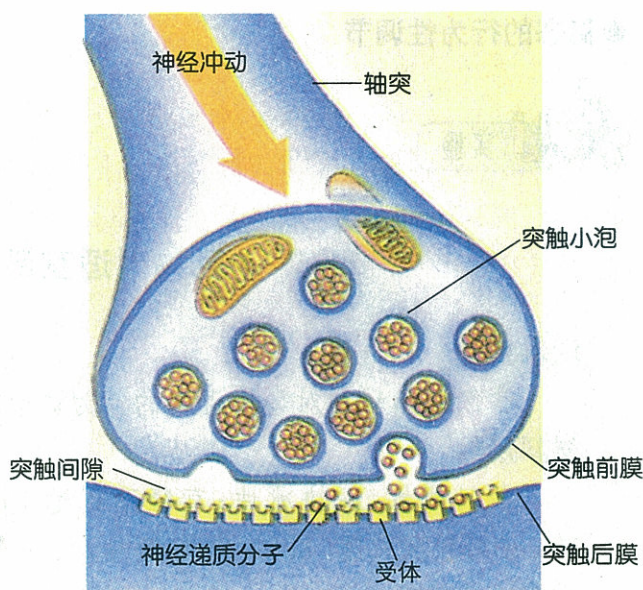


图 2-30 兴奋在神经元之间传递模式图



### 小资料

目前已知的神经递质种类很多，主要有乙酰胆碱、多巴胺、去甲肾上腺素、肾上腺素、5-羟色胺、氨基酸类(如谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸等)、一氧化氮等。



## ● 稳态的行为性调节



### 动物对适宜温度的行为选择

#### 活动目标

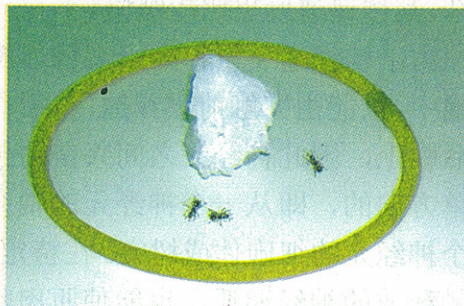
举例说出动物对环境温度的行为调节。

#### 材料用具

几只蚂蚁,一块冰块;直径不超过 1 cm、长约 70 cm 的软胶皮管,80℃~90℃的热水,一小段直径适宜的玻璃管。

#### 方法步骤

1. 胶皮管内充满热水,用玻璃管连接起来形成一个直径 20 cm 左右的圆圈,把它平放在桌面上,将冰块置于圆圈的中央,然后将几只蚂蚁放入圈中。
2. 观察蚂蚁最后的活动范围在圆圈内的什么地方。



#### 总结与讨论

为什么蚂蚁不在冰块或胶皮管附近活动或停留?



实验结束后,将动物放回自然环境中。

任何动物都趋利避害而生活在适宜生存的环境中。在上述的实验中,蚂蚁靠近胶皮管时,感到温度过高,靠近冰块时感到温度过低。环境温度过高或过低都不适于动物的生存。因此,蚂蚁通过行为活动,最终选择了比较适宜的温度地带。

当受到内、外环境的刺激,机体内的平衡状态偏离正常时,机体通过主动的行为改变使之恢复的过程,叫做行为性调节。人在天气寒冷时为保持体温的稳态,身体蜷缩或者添加衣服,就属于行为性调节。

## ● 稳态的生理性调节

当受到内、外环境刺激,机体内的平衡状态偏离正常时,机体通过自动调节活动,重新使生理机能恢复到正常状态的过程,叫做生理性调节。

动脉血压的稳态有赖于植物性神经的调节(图 2-31)。在某些大动脉血管壁上,存在着感受血压变化的感受器。当动脉血压高于正常水平时,血压感受器兴奋,传入延髓的心血管中枢后,使支配心脏的副交感神经兴奋、交感神经抑制。因此心室收缩的力量减弱、心

率减慢，使动脉血压下降至正常水平。当动脉血压低于正常水平时，神经系统通过相反的活动，又使动脉血压上升至正常水平。

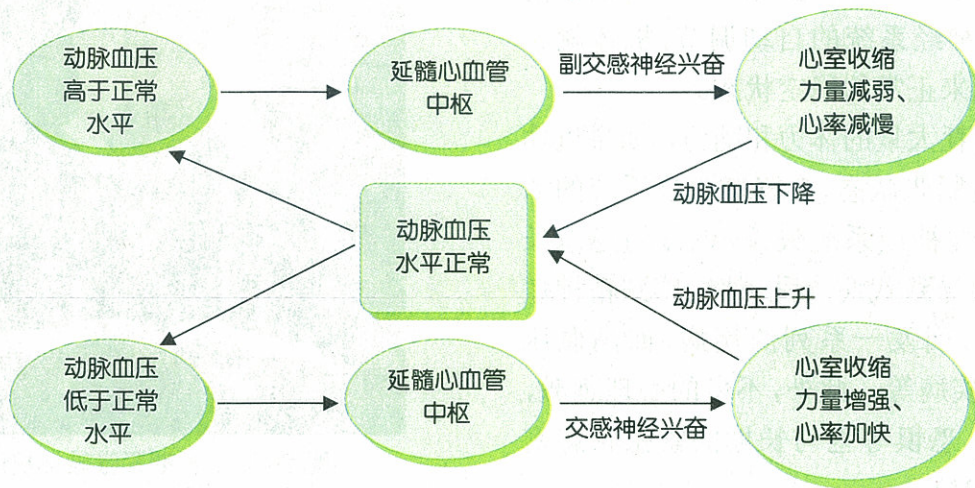


图 2-31 心血管中枢调节动脉血压的稳态

人类所处的生活环境，无非是正常安静状态和应急紧张状态两种情况。在正常安静状态下，植物性神经的副交感神经和交感神经都有不同程度的兴奋，而以副交感神经活动占优势。副交感神经兴奋，使消化系统活动增强、排泄活动增强、机体细胞的合成代谢增强，有利于机体储存能量，有利于机体的生长发育；同时抑制心血管的活动。当机体处于应急紧张状态时，副交感神经活动减弱，而交感神经活动显著增强，抑制机体的消化活动、排泄活动；促进机体的分解代谢、加速呼吸系统和循环系统的活动，这有利于充分调动全身的能量，适应应急的紧张环境。



图 2-32 机体处于高度紧张状态

**思考**

你参加过短跑比赛吗？请你回忆一下，在发令枪响以前自己的心情如何？身体机能活动都发生了哪些变化？

人在遇到挑战、受到威胁或者参加格斗拼搏时，机体处于高度紧张状态(图 2-32)。此时交感神经兴奋性增强，促使肾上腺髓质分泌大量的肾上腺素(epinephrine)到达血液。肾上腺素使心率加快、心脏收缩力量增强，动脉血压上升、血糖水平升高，让更多的血液流到全身的肌肉组织中，为进行快速奔跑格斗的肌肉提供了大量的血液和能量。肾上腺素作用到中枢神经系统，使神经系统的兴奋性增高，有利于机体

做出更加迅速的反应。交感神经兴奋使肾上腺髓质分泌肾上腺素增多,由此引起身体发生的一系列反应,叫做应急反应。一旦紧张情况过去,通过神经系统的自动调节,机体就会逐渐恢复到原来正常的稳定状态。

紧张会消耗大量的体力和脑力。如果机体长期处于高度紧张状态,会降低免疫系统的活力,造成植物性神经系统失调,机体的稳态长期失去平衡会导致代谢紊乱,使人感到精神疲惫、身体乏力,引发一系列的疾病,如高血压病、消化系统疾病等。此外,不良的心理刺激,如焦虑、抑郁、恐惧等也与长期的紧张状态密切相关(图 2-33)。

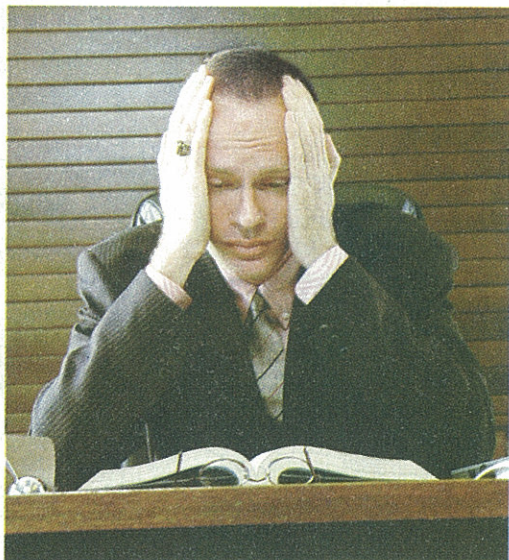


图 2-33 长期紧张破坏机体的稳态,影响健康

## 四 脑的高级功能

大脑不仅是产生感觉、调节躯体运动和内脏运动的最高级中枢,而且还有条件反射、学习记忆、语言、睡眠、思维等更为复杂的高级功能。脑的高级功能使人类能够主动适应环境、调节机体稳态。

### ●学习与记忆



### 记忆广度的测试

#### 活动目标

尝试记忆再现能力的测试方法。

#### 材料用具

4~12 位毫无意义的数字卡片各 5 张。

#### 方法步骤

1. 首先从低位数字组开始测试,主试者将一串数字读出,让被试者马上复述一遍。
2. 如复述正确,则增加一位数字再进行测试,直到不能正确复述为止。
3. 测试自己的记忆再现能力,测试周围同学的记忆再现能力。

#### 总结与讨论

大多数同学能够复述出几位数字?复述数字位数的多少说明什么问题?

通过神经系统的活动获得新的行为、习惯和积累新经验的过程,叫做学习(learning)。接受老师的教育、认识文字的过程、通过训练掌握在水中游泳技术的过程,都是学习。因此,学习的过程就是神经系统获得新信息、增加新知识、新技能的过程。一个人通过学习获得的知识和技能越多,就越能适应社会发展的需要。

对获得的经验进行储存和再现的能力,叫做记忆(memory)。通过学习把某个词汇储存在脑中,当需要时能够回忆并再现出来,这就是记忆。记忆就是对新信息的储存和检出。



### 小资料

不同年龄的人,记忆广度不一样;同年龄的人之间,个体差异也较大;一般成年人能够再现 8~9 位数字。衡量记忆好坏的标准共有 4 个:记忆的广度、记忆的速度、记忆的准确程度和记忆的时间长度。记忆广度是衡量记忆的标准之一,能够再现复述的数字位数越长,说明其记忆的广度越广。



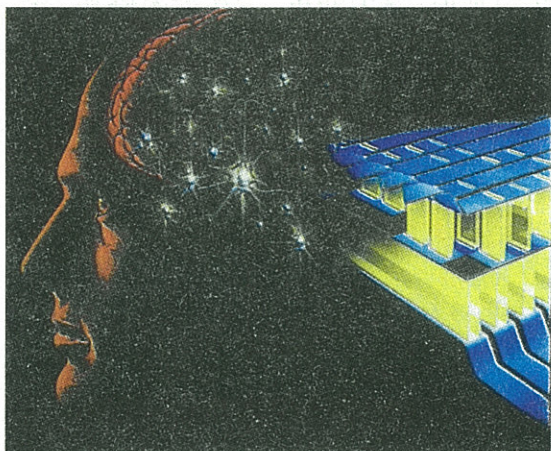
### 思考

小鸡“懂得了”主人“咕咕”的叫声是饲喂食物,听到了叫声就奔向主人,这是条件反射。这个条件反射的建立过程是学习吗?

按照人们对记忆材料的理解程度,可将记忆分为理解记忆和机械记忆。理解记忆时,学习者运用已有的知识、经验进行思维,搞清楚了材料的意义及其内在联系,从而把它记住。机械记忆时,学习者不了解材料的意义及其相互联系,主要是靠机械重复而进行的记忆。理解记忆的速度比较快、记忆保持时间长久,优于机械记忆。

学习和记忆是两个有密切联系的神经活动过程,二者很难截然分开。任何学习的过程都包含着记忆,学习是记忆的基础,记忆是学习的效果。没有学习和记忆,人的智力就不能得到发展。

人脑的记忆容量是非常大的,据说可容纳数亿本书籍的信息。每天输入脑中的大量信息,只有长期反复使用才记忆深刻。记忆信息在脑内的丢失或消除,叫做遗忘(forget)。克服遗忘的根本办法就是“学而时习之”。



### ● 睡眠

身体活动时间长了必然要疲劳,大脑工作时间久了必然需要睡眠(sleep)休息。由于地球每 24 h 自转一周,形成了昼夜节律,人类也随之形成了“日出而作、日落而息”的觉醒睡眠周期。



在觉醒期间,机体的新陈代谢比较旺盛,大脑皮层的神经元兴奋性比较高,头脑思维清晰,对环境中的各种刺激都能够做出比较准确、适宜的反应活动。

不同年龄的人每天睡眠时间不同(表 2-4)。人在



### 小资料

安眠药是一种神经镇静剂。遵照医嘱短时间少量服用,可以使大脑皮层活动处于抑制状态,促进睡眠,对身体没有什么伤害。但是,大量长期服用,则会使身体产生一些不良反应,例如,嗜睡、头晕、乏力等。医疗实践证明,长期服用安眠药可使人产生耐药性、依赖性和成瘾性等慢性中毒症状,服用过量可引起急性中毒性呼吸麻痹,甚至致人死亡。

睡眠期间,机体新陈代谢水平下降,条件反射完全被抑制,对外界的刺激感受性降低,失去了与

外界的主动联系。保障充足的睡眠时间,对于促进身体生长、体力和精力的恢复、保持中枢神经系统良好的兴奋性、精确调节机体的稳态等具有重要的生理意义。

在清醒时输入到脑中某些深刻的信息,在睡眠期间可能引起皮层某些区域兴奋。在大脑皮层神经元普遍处于抑制状态时,这些凌乱无序的信息彼此毫无逻辑地编织在一起,就形成了离奇荒诞、缺乏合理性的梦境。做梦是睡眠期间发生的正常现象。

有少数人由于神经衰弱或者心理因素的影响,夜间睡不着或者一旦醒后就不能再入睡,这叫做失眠(insomnia)。失眠患者常常精神恍惚、记忆力衰退、体力疲乏、工作效率降低。医生常常让患者适当吃一点安眠药以解除失眠的痛苦。

表 2-4 不同年龄的人每天睡眠时间

月龄和年龄	睡眠时间 / h
新生儿	21
3个月	19
6个月	14
1岁	13
4岁	12
7岁	11
10岁	10
14岁	9
17岁后	8
60岁以上	6

## ●各有优势的大脑两半球



### 科技探索

布洛卡(P. P. Broca)是法国著名的解剖学家和外科医生,他在给患者看病时发现,许多原来会说话但患病后不能再说话的患者,都是由于大脑左侧半球上某个区域发生了病变。因此他在 1861 年首次指出,人类的语言中枢位于大脑的左侧半球上。人类语言中枢的发现揭示了大脑两侧半球功能的不对称性。

人类的语言是伴随着劳动产生的。大多数人长期习惯使用右手从事劳动,右手活动受左侧大脑半球控制,久而久之语言中枢就定位在了左侧半球上。大脑左侧半球称为语言优势半球。少数所谓“左撇子”的人,他们的语言中枢则位于大脑右侧半球上。语言优势半球的定位是后天形成的。

在 20 世纪 50 年代以后,美国科学家斯佩里(R. W. Sperry, 1913—1994)进行了大量独具



斯佩里

运算、抽象的逻辑思维、符号解释等方面左半球有明显的优势。右半球也有高度超过左半球的智力活动，主要表现在对平面、立体图形的视觉感知与定位分析、想象力和艺术创造力等非语言方面。

匠心的研究，揭示了人类大脑左、右两侧半球的功能。当人的大脑两半球之间的联系被割断以后，受左半球管理的右手几乎画不出完整的图形，而受右半球管理的左手则可以基本画出平面的或者立体的图形来(图 2-34)。因此，斯佩里荣获了 1981 年度的诺贝尔生理学 / 医学奖。

人的大脑两半球在功能上有显著差异，二者的机能高度专门化，各有自己的优势但又互相补充。在语言的表达、书写文字、阅读文字以及数学

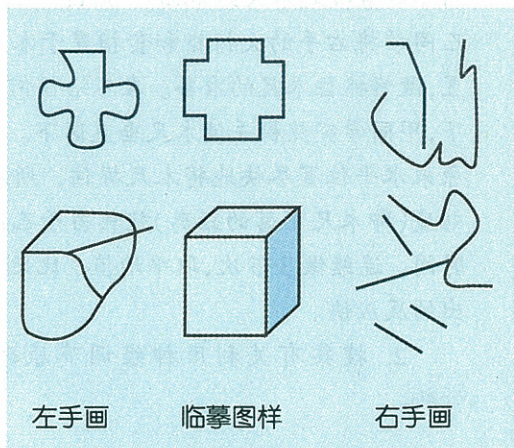


图 2-34 割裂脑患者的临摹画



### 热点讨论

如何开发我们的右脑，两脑并用，以便高效地学得更多的知识？



### 自我检测

- 脊神经属于 ( )  
A. 感觉神经 B. 运动神经 C. 混合性神经 D. 中枢神经
- 将动物的脊髓破坏以后，受到损伤的细胞是 ( )  
A. 感觉神经元细胞体 B. 运动神经元细胞体  
C. 中间神经元细胞体 D. 中间神经元和运动神经元细胞体
- 关于大脑两半球的功能，正确的是 ( )  
A. 功能完全相同 B. 左半球在各方面都占优势  
C. 左半球是语言优势半球 D. 左半球在非语言方面占优势
- 关于植物性神经功能的叙述，错误的是 ( )  
A. 支配平滑肌 B. 支配心肌 C. 支配腺体 D. 支配骨骼肌
- 人在睡眠时 ( )  
A. 机体失去接受刺激的能力 B. 大脑皮层神经元完全抑制  
C. 条件反射活动完全被抑制 D. 机体的新陈代谢增强
- 如果只剪断动物脊神经的全部后根(或前根)，刺激神经的中枢端，动物能产生感觉吗？能产生运动吗？为什么？刺激神经的周围端，动物能产生运动吗？能产生感觉吗？为什么？
- 鼻黏膜受到机械刺激以后打喷嚏是反射活动吗？简述这个活动发生时信息的传递过程。

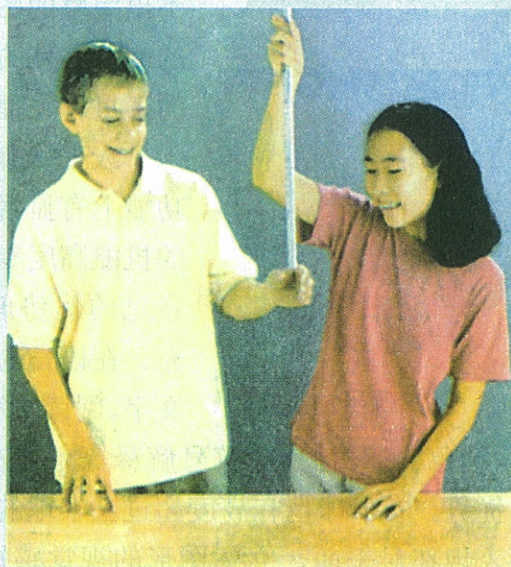


## 课外实践

### 1. 比一比谁的反应快。

取一根长 50~80 cm 带厘米刻度的直木尺。甲同学垂直提起木尺距地面约 50 cm，零刻度朝下，乙同学将右手的大拇指和食指置于木尺零刻度位置，做好抓住木尺的准备。在不给任何提示的情况下，甲同学突然松手使木尺垂直落下。乙同学要在原来水平位置尽快地将木尺握住，所握住木尺的刻度(即木尺下落的距离)就相当于乙同学的反应时间。连续做 3~5 次，取平均值。比比谁对刺激做出的反应快。

2. 搜集有关利用神经调节原理的仿生学资料。



## 第 4 节 动物生命活动的化学调节

机体快速的反应活动是通过神经调节来实现的。机体对新陈代谢、生长发育等缓慢的生理活动是通过怎样的方式调节的呢？

### 一 化学信号——激素

体内的某些细胞产生的特殊化学物质对人体和动物体的生理活动所进行的调节，叫做化学调节。在化学调节中，最重要的化学调节物质是激素(hormone)。

#### ● 无脊椎动物的激素

#### 动物个体之间的通讯——外激素



### 实验

### 性诱剂诱杀昆虫实验

#### 活动目标

描述某些昆虫通过分泌性外激素吸引同种的异性昆虫。

### 材料用具

棉铃虫雌蛾;有机溶剂;小烧杯,研钵,水盆。

### 方法步骤

1. 捕获数只棉铃虫的雌蛾,剪取它们的尾部,放在研钵中加有机溶剂(如酒精)研碎,倒入1号小烧杯中;2号小烧杯中则只倒入等量的有机溶剂。

2. 将两个小烧杯分别架在盛有清水的盆子上方,天黑时放在地理位置条件相似的棉花地里。

3. 次日早晨观察水盆中被诱来淹死的棉铃虫数量。

### 总结与讨论

1. 哪个水盆中被诱杀的棉铃虫较多?
2. 诱杀的棉铃虫是雄蛾多还是雌蛾多? 试解释其中的道理。

许多昆虫不仅靠感官互相传递信息,还能向体外释放挥发性的化学物质,作为信号用来引诱、警告、通知同种昆虫以达到某种目的。由外分泌腺分泌,在体外传递,对同种的其他个体发生影响的激素,叫做外激素(external hormone)。外激素也称为信息素(pheromone)。

外激素的种类很多,有引诱同种异性昆虫飞来与之交配的性外激素,有遇到危险向同伴报警的警戒外激素,有使许多同种个体集合在一起的结集外激素,有标示行踪足迹的踪迹外激素等。

## 昆虫生长发育的激素——内激素



你养过家蚕吗? 观察过它们的幼虫是怎样逐渐长大、蜕皮发育成蛹,最后发育为成虫的吗? 这些奇妙变化的根本原因是激素调节的结果。

由内分泌细胞分泌、只在体内传递、对自身的生理活动起调节作用的激素叫内激素(internal hormone)。昆虫的生长、发育和变态是由脑激素(brain hormone)、蜕皮素(ecdysone)和保幼激素(juvenile hormone)三种激素共同来调节的。昆虫的脑在外部或内部环境因素的作用下分泌脑激素,通过体液运送到咽侧体和前胸腺,使咽侧体分泌保幼

激素,使前胸腺分泌蜕皮素。

幼虫期,在大量的保幼激素和蜕皮素的共同作用下,控制昆虫生长蜕皮(幼虫蜕皮后仍继续保留幼虫的特征)和变态蜕皮(幼虫蜕皮化为蛹,或者蛹蜕皮变为成虫)。内分泌腺体分



泌激素的量是逐渐积累的,当保幼激素和蜕皮素积累达到一定水平后,昆虫发生蜕皮,蜕皮期间激素的量降到最低水平;蜕皮以后内分泌腺体又逐渐活跃,为下一次蜕皮积累激素。到幼虫的末龄期,咽侧体分泌的保幼激素量相对减少了,不足以维持幼虫的性状,而在蜕皮素量比较多的情况下,使昆虫蜕皮后变成蛹。当保幼激素停止分泌以后,在蜕皮素的单独作用下,蛹蜕皮后就变为成虫(图 2-35)。成虫期前胸腺退化崩解,不再分泌蜕皮素,所以成虫也就不再蜕皮。

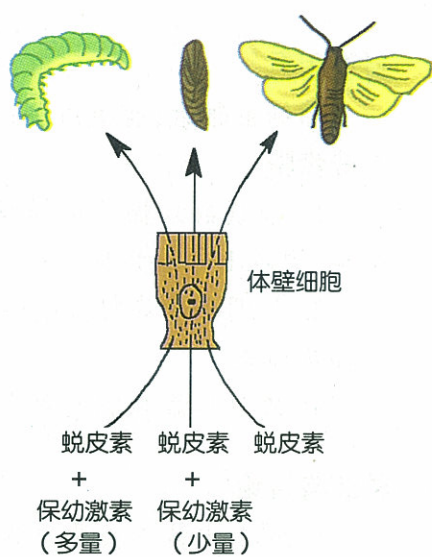


图 2-35 昆虫的变态与内激素

### ●人和高等动物的内激素

人和高等动物体的内分泌系统(图 2-36)除了分泌甲状腺激素、生长激素、胰岛素和胸腺激素外,还可分泌性激素、促激素、胰高血糖素、肾上腺皮质激素、肾上腺髓质激素、抗利尿激素、催产素等,这些激素都具有各自独特的生理作用。

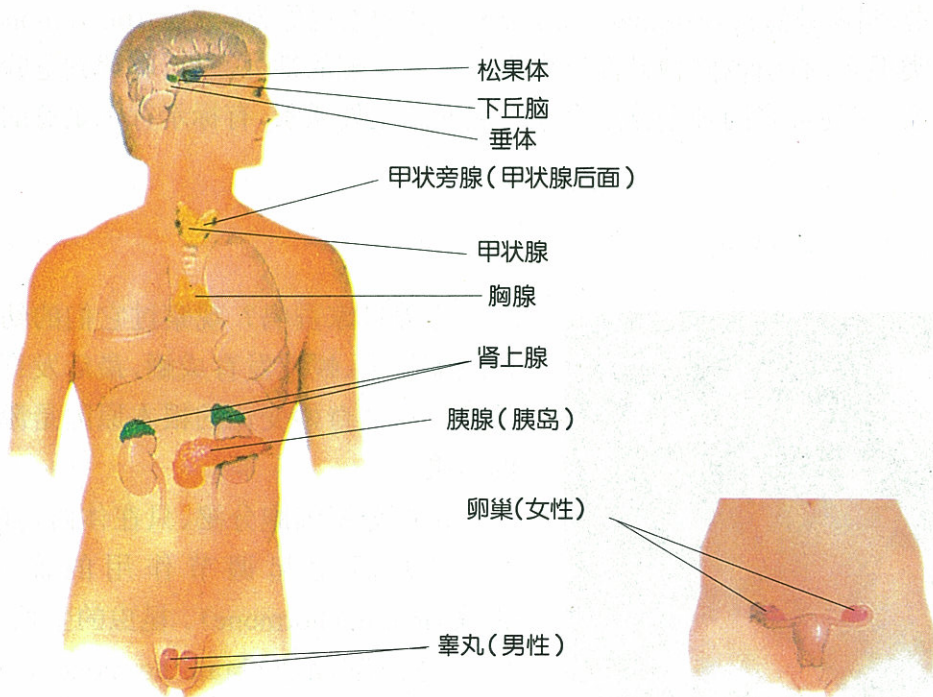


图 2-36 人体的内分泌系统示意图

### 性激素

性激素主要包括雄激素、雌激素和孕激素。

**雄激素** 雄激素主要由睾丸分泌,对机体的生理作用非常广泛,它能刺激机体出现雄性的第二性征,如骨骼发达、肌肉发达、长胡须、喉结突出、声调变低等,并维持它们的正常状态。雄激素还能够促进雄性外生殖器的发育与成熟,促进睾丸生成精子。在代谢方面,它使蛋白质合成加快,增加钙和磷在骨中的沉积。

**雌激素** 雌激素主要由卵巢分泌,它能刺激机体出现雌性的第二性征,如女性骨盆下口宽大、乳房发育、皮下脂肪丰厚、说话声调尖细等,并维持它们的正常状态。雌激素能促进女性性器官的发育,特别能使女性子宫黏膜增生生长厚,与月经的形成有重要关系。

**孕激素** 孕激素主要由卵巢分泌,其主要作用是保证妊娠的安全进行。在雌激素作用的基础上,它能使女性子宫黏膜进一步增生、子宫腺体分泌,使子宫黏膜适宜于受精卵的种植;刺激乳腺腺泡的生长发育,为分泌乳汁做好准备。

### 促激素

促激素由垂体的腺体分泌,包括促甲状腺激素、促肾上腺皮质激素和促性腺激素。它们既能促进与其相关腺体的正常发育,又能促进相关腺体激素的合成和分泌。例如,促甲状腺激素既能维持和促进甲状腺的正常发育,又能促进甲状腺激素的合成与分泌。

### 胰高血糖素

胰高血糖素由胰岛中的 A 细胞分泌,其生理作用与胰岛素完全相反。它一方面促使肝糖原分解为葡萄糖;另一方面又促使体内的一些非糖物质转变为葡萄糖,因此能使血糖浓度升高。

### 肾上腺皮质激素

肾上腺皮质激素主要包括盐皮质激素和糖皮质激素两大类。盐皮质激素主要作用于肾脏,调节机体水分和无机盐的稳态。它能促进肾小管重吸收钠和水,并加强对钾的排泄,具有保钠、保水和排钾的作用。糖皮质激素主要调节糖类、脂肪和蛋白质的代谢,促使脂肪和蛋白质在肝脏内转变为糖原和葡萄糖,促进蛋白质的分解,抑制蛋白质的合成。当机体有创伤、感染、疼痛等各种有害刺激的情况下,可以通过下丘脑促使腺垂体分泌促肾上腺皮质激素,从而使糖皮质激素分泌大量增加,改变机体的代谢状况,增强对有害刺激的抵抗能力。

### 肾上腺髓质激素

肾上腺髓质激素由肾上腺髓质细胞分泌,主要是肾上腺素和少量的去甲肾上腺素。交感神经兴奋时,它们分泌增多,二者的生理作用基本相似。它们使心脏活动加快加强,动脉血管收缩,使动脉血压升高;使消化道平滑肌的收缩活动和消化腺分泌活动受到抑制,使支气管平滑肌舒张;促进机体的分解代谢;提高中枢神经系统的兴奋性,促进机体反应的机敏、灵活等。

### 抗利尿激素

抗利尿激素由下丘脑的神经细胞合成,由垂体的神经部分泌释放。它使肾脏加强对水分的重吸收,使尿液浓缩、尿量减少;当大量分泌时,使全身动脉血管强烈收缩,有利于维持动脉血压的稳态。

### 催产素

催产素由下丘脑的神经细胞合成,由垂体的神经部分泌释放。它使有孕子宫平滑肌收缩,加速胎儿的娩出,同时使子宫血管收缩,有助于产后止血。

## 二 激素的生理作用及作用特征

### ● 激素的基本生理作用



### 甲状腺激素对蝌蚪变态和发育的影响

#### 活动目标

描述甲状腺激素对蝌蚪生长发育的影响,说出甲状腺激素的生理作用。

#### 材料用具

同种并同时孵化、体长在 10~15 mm 的小蝌蚪 15 只,新鲜水草;甲状腺激素 1 g,甲硫咪唑 1 g,晾晒 2~3d 的自来水;容积 2 500~3 000 mL 的容器(如小脸盆)3 个,小金鱼网 1 个,培养皿 1 个,有毫米格的坐标纸 1 小张。

#### 方法步骤

1. 将饲养蝌蚪的 3 个容器分别编号为 1 号、2 号和 3 号。
2. 每个容器内加自来水约 2 000 mL,内放 5 只小蝌蚪和等量的新鲜水草。
3. 1 号容器作为对照,不添加任何药物;2 号容器内加入甲状腺激素 5 mg;3 号容器内加入甲硫咪唑 5 mg。每个容器内都加入等量的少许饭粒作为蝌蚪的食物。
4. 每天换水 1 次,每次换水量为 3/4,2 号和 3 号容器内都要分别再加入甲状腺激素和甲硫咪唑 5 mg。每天饲喂等量的食物。
5. 每天观察测量 1 次,连续进行 2 周,并详细做好观察记录。观察时将小蝌蚪用小金鱼网捞出来放在培养皿中,再将培养皿放在坐标纸上,观察测量蝌蚪的体长变化、前后肢的生长情况以及尾部的变化等。

#### 总结与讨论

1. 不同药物饲养条件下蝌蚪的生长发育是否相同?
2. 对实验的结果进行分析并得出结论。
3. 通过本实验,再结合我们学习过的多种激素(甲状腺激素、生长激素、胰岛素、性激素、促激素、胰高血糖素、肾上腺皮质激素、肾上腺髓质激素、抗利尿激素等)分析激素都调节机体的哪些活动?激素发挥生理作用有什么特征?

由上述实验我们可以得知,甲状腺激素不仅能促进动物机体的物质代谢和生长发育,还能促进动物组织的分化和变态。

任何激素都不能为细胞提供活动的能量,只是起着“信息载体”的作用。概括起来各种激素的基本生理作用可以归纳为以下几个方面。

**调节新陈代谢** 调节蛋白质、脂肪和糖的代谢,为生理活动提供能量。

**维持内环境的稳态** 调节体内水、无机盐、血糖等的平衡,维持内环境的稳态。

**调节生殖、生长和发育** 促进生殖器官的发育和成熟,调节生殖活动,促进细胞的分裂与分化,调节机体的生长发育过程。

**增强机体对有害刺激的抵抗能力** 影响中枢神经系统的兴奋性,调节机体的行为,与神经系统配合提高机体的抵抗能力,使机体更好地适应环境的变化。



思考

各种基本生理作用都有哪几种激素参与调节(提示:一种激素常常有多种生理作用)?

## ● 激素作用的特征

任何激素都是细胞代谢产生的具有生物活性的信息物质。激素在发挥生理作用时都具有哪些共同的特征呢?

### 特异性

特异性是指激素有选择性地作用于器官组织或细胞(包括内分泌细胞)的特性。

激素由内分泌细胞分泌出来释放到血液中,通过血液的运输分布到全身各处,并与组织细胞有着广泛的接触。任何一种激素都只对它所“认识”的特定细胞产生作用,这是由激素的化学结构决定的。能够被激素“识别”并与之产生生理作用的细胞,称为激素的靶细胞。任何激素的靶细胞上都有与这种激素结合的特殊位点,称为受体(receptor)。激素与靶细胞受体之间的特异性关系就如同钥匙与锁的关系一样。

### 高效性

激素在血液中的浓度含量都极低,一般浓度都在  $10^{-11} \sim 10^{-8} \text{g/L}$  之间。假如某种激素的分泌量稍有不足或者过多,就会引起机体代谢异常或功能异常,分别称为内分泌腺功能减退或功能亢进。如甲状腺细胞分泌甲状腺激素过多就会造成甲状腺功能亢进。

### 复杂性

激素的生理作用虽然各不相同,但可以互相影响;机体的某一项代谢活动,也常常受几种激素的共同调节,因此各种激素之间存在着复杂的相互关系。有的激素之间表现为相互协同关系,如雌激素和孕激素都有刺激子宫黏膜增生的作用。有的激素之间表现为相互拮抗关系,如在调节血糖水平方面,胰岛素与胰高血糖素之间就具有相互拮抗关系。

## ● 激素调节的特点

激素作为内分泌细胞分泌的特殊化学物质,不断被分泌到血液中,由血液运送到全身各处,对其靶细胞发挥生理刺激作用。激素在完成它的信息作用之后逐渐被酶分解,大部分的分解产物由尿液排出体外。激素在体内的整个代谢过程决定了激素调节的特点不同于神经调节。

所有激素发挥作用都是通过体液(主要是血液)来运输的,其运输的速度远远慢于神经纤维上传导的神经冲动。

激素主要调节机体比较缓慢的代谢活动,如生长发育、生殖活动、调节细胞外液的成分和量的多少等,对于维持内环境的稳态作用重大。

激素的调节过程持续时间比较长,发挥作用比较持久。

激素的调节范围广泛,凡是具有激素受体的细胞,都是激素调节的对象。

### 三 激素调节信号转导的分子机制

激素作为一种信息的载体从内分泌细胞分泌出来,经过体液的运输到达它的靶细胞。激素将信息传递到靶细胞内部的过程就是激素调节信号的转导过程。

#### ● 激素的化学本质



#### 思考与讨论

我们都知道, I 型糖尿病患者的血糖浓度过高,需要经常向体内补充胰岛素来降低血糖。你知道是如何将胰岛素补充到体内的吗? 是口服还是注射呢?

胰岛素的化学本质是一种蛋白质,当口服时可以被胃肠道中的消化酶像消化食物中的蛋白质一样消化分解而失去效用,所以,当机体需要补充时只能通过肌肉注射。

人们常常按照激素的化学性质,将激素分为两大类。

一类是含氮类激素。这类激素的共同特点是,其化学组成上都含有化学元素氮,人体内的大多数激素都属于这类激素。含氮类激素有的是蛋白质类和肽类激素,如抗利尿激素、生长素、胰岛素等;有的是胺类激素,如肾上腺素等。含氮类激素容易被胃肠道分泌的消化酶分解,需要补充这类激素时,一般不宜口服。

另一类是类固醇激素。这类激素的数量比较少,其化学组成不含有化学元素氮,如肾上腺皮质激素、性激素等。类固醇激素不能被胃肠道的消化酶分解,需要补充时可以通过口服被吸收。

#### ● 含氮类激素在靶细胞的信号转导

含氮类激素的相对分子质量一般比较大并具有水溶性,它们不能直接穿过细胞膜进入细胞的内部;含氮类激素的靶细胞受体一般位于细胞膜的外侧表面上。那么激素所携带的信息是如何传入靶细胞内部的呢?

当含氮类激素(H)被运送到靶细胞以后,首先与细胞膜上的特异性受体(R)结合,通过细胞膜上的鸟苷酸调节蛋白(GP)传递信息,激活位于细胞膜内侧面的腺苷酸环化酶(AC)。在 $Mg^{2+}$ 的参与下,腺苷酸环化酶使ATP转化为环一磷酸腺苷(cAMP)。环一磷酸腺苷进一步激活细胞内的蛋白激酶系统,使蛋白质磷酸化,从而引起细胞特有的生理效应。环一磷酸腺苷发挥作用后,立即被细胞内的磷酸二酯酶(PDE)分解为5'-AMP失去活性(图2-37)。

由此可见,含氮类激素对靶细胞的信号转导经历的信息传递过程,就如两人跑接力中间

要交接接力棒一样。激素负责把调节信息从内分泌细胞传送到靶细胞膜,被称为第一信使(first messenger)。环一磷酸腺苷负责把信息从细胞膜上接过来传送到细胞内部引起生理效应,被称为第二信使(second messenger)。

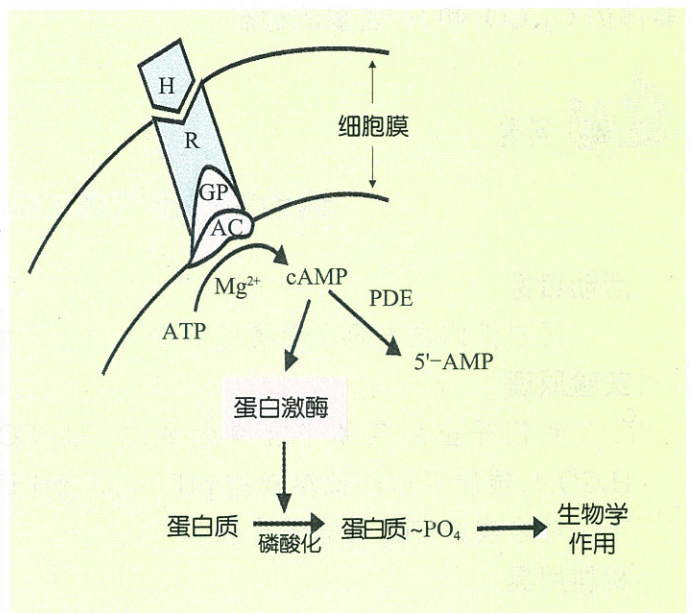


图 2-37 含氮类激素在靶细胞的信号转导

### ●类固醇激素在靶细胞的信号转导

类固醇激素的相对分子质量一般都比较小,而且具有脂溶性,它们在靶细胞的受体位于细胞质中,因此,类固醇激素一般可透过细胞膜进入细胞内通过基因表达发挥作用。

类固醇激素到达靶细胞直接进入细胞内部,首先与细胞质受体蛋白结合,形成激素—胞质受体复合物。在适宜的温度(37℃)和 $Ca^{2+}$ 的参与下,受体蛋白的构型发生变化,使该复合物进入细胞核内,与细胞核内的受体结合形成激素—核受体复合物。激素—核受体复合物结合到染色质非组蛋白的特异位点上,可启动基因DNA的转录过程,从而生成特异的mRNA。mRNA透过核膜再进入细胞质中,诱导细胞合成新的酶蛋白,从而产生新的生理效应(图2-38)。

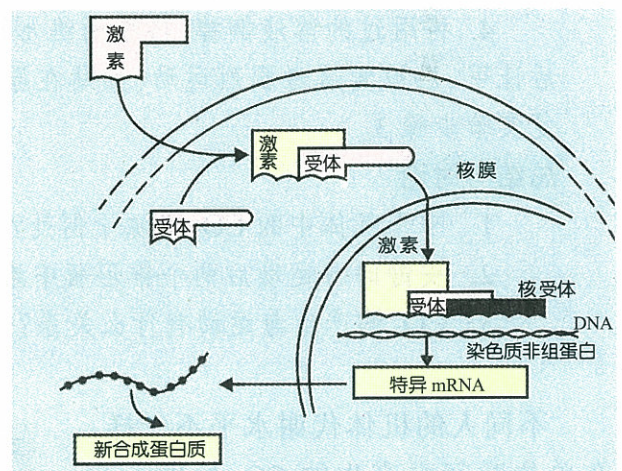


图 2-38 类固醇激素在靶细胞的信号转导

## 四 体液调节与稳态

通过体液中化学物质的作用对机体生理功能进行的调节称为体液调节。在维持机体内环境稳态的过程中,体液调节与神经调节相配合,也起着非常重要的作用。

## ●体内 O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 和 H<sup>+</sup> 含量的稳态



实验

### 运动对呼出气体 CO<sub>2</sub> 含量的影响

#### 活动目标

区别机体在不同代谢状态下 CO<sub>2</sub> 产生量的不同。

#### 实验原理

我们呼出的气体中含有大量的 CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 与水结合可生成碳酸(CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), 碳酸可以降低溶液的 pH。使用 pH 试纸或者 pH 计, 测定溶液的 pH 变化, 可了解溶液中 CO<sub>2</sub> 的含量变化。

#### 材料用具

清水(或石灰水); pH 试纸, 细塑料管(或玻璃管), 锥形瓶。

#### 方法步骤

1. 将两个锥形瓶分别编为甲瓶和乙瓶, 每个锥形瓶中放入清水(或石灰水) 100 mL, 分别测出每个锥形瓶中溶液的初始 pH, 记录下来。
2. 每 4 人结成一组, 选甲、乙两名代表进行呼气实验。
3. 被测试者处于安静状态, 每次呼吸都通过细管把呼出的气体吹入相应的锥形瓶的溶液中, 进行 1 min, 不断晃动锥形瓶。结束后立即测定溶液的 pH, 记录在表中。
4. 将用过的溶液倒掉, 再把两锥形瓶洗干净, 重复实验步骤 1 的准备工作。然后让甲、乙被测试者剧烈运动(如站在原地尽力快速蹦跳 30~50 次), 结束后马上重复实验步骤 3。

#### 总结与讨论

1. 呼出气体中的 CO<sub>2</sub> 来源于何处?
2. 安静时与运动后两个锥形瓶中溶液的 pH 哪个变化比较大?
3. CO<sub>2</sub> 的产生与运动有什么关系?

不同人的机体代谢水平不一样, 在单位时间内产生的 CO<sub>2</sub> 量也不一样。当机体剧烈运动后, 体内的分解代谢增强、耗氧量增多, 产生的 CO<sub>2</sub> 比安静状态显著增多。机体通过加强呼吸运动, 及时将 CO<sub>2</sub> 排出体外, 以维持体内 O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 和 H<sup>+</sup> 含量的相对稳定。

人的两侧肺中有数亿个呈葡萄串样的肺泡, 每个肺泡壁上都有丰富的毛细血管网(图 2-39)。当由组织细胞

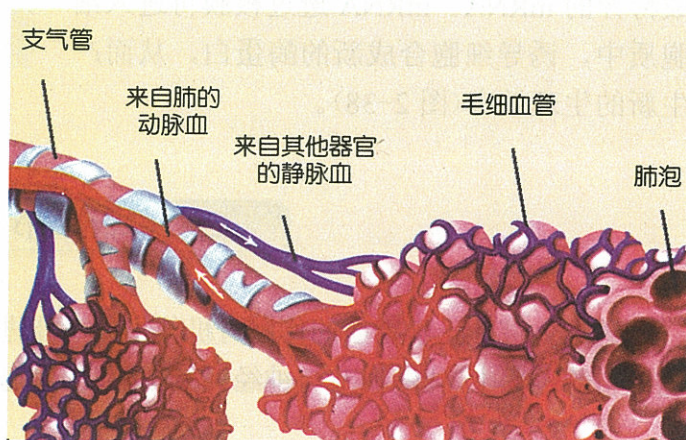


图 2-39 肺泡与其周围的毛细血管网

来的含  $O_2$  少、含  $CO_2$  多的静脉血流经肺泡毛细血管时，便与肺泡内的新鲜气体发生交换，使静脉血变成含  $O_2$  多、含  $CO_2$  少的动脉血。动脉血流经组织细胞时又与组织细胞进行气体交换，转变成含  $O_2$  少、含  $CO_2$  多的静脉血。当机体的代谢水平发生改变后，机体的耗  $O_2$  量和  $CO_2$  的产生量也必然要发生改变，此时通过改变机体的呼吸运动以维持体内  $O_2$ 、 $CO_2$  和  $H^+$  含量的稳态。

**思考**

有意屏气停止呼吸 30~40s，恢复呼吸后为什么呼吸变得更加急促？当用力尽快地深呼吸 8~10 次以后，为什么呼吸变浅、变慢甚至暂时停止一段时间？

在某些大动脉附近有一些专门感受血液中  $CO_2$  和  $H^+$  浓度的化学感受器。当血液中  $CO_2$  和  $H^+$  浓度高于正常水平时，化学感受器兴奋，信息经传入神经到达延髓，兴奋呼吸中枢，使呼吸运动加深加快，肺泡气体交换增多，从而使血液中  $CO_2$  和  $H^+$  浓度下降，恢复稳态。反之，则使呼吸中枢的活动减弱，呼吸变浅变慢、肺泡气体交换减少，最后使血液中的  $CO_2$  和  $H^+$  浓度上升，恢复稳态。

● 血液中激素含量的稳态

内分泌腺分泌的激素是控制机体代谢的重要高效调节物质，因此，激素本身分泌水平的稳态对于机体代谢的稳态尤其重要。内分泌腺分泌激素不仅受神经系统的调节，而且还受到内分泌系统本身的多级调节控制。例如，甲状腺分泌甲状腺激素受腺垂体和下丘脑的调节控制；腺垂体分泌的促甲状腺激素，促进甲状腺分泌甲状腺激素；下丘脑神经元分泌的促甲状腺激素释放激素，又促进腺垂体分泌促甲状腺激素。当甲状腺分泌甲状腺激素高于正常水平时，甲状腺激素便抑制下丘脑分泌促甲状腺激素释放激素和腺垂体分泌促甲状腺激素，于是，促甲状腺激素分泌减少，甲状腺分泌甲状腺激素也相应减少、下降到正常水平。反之，当甲状腺激素分泌低于正常水平时，它们对下丘脑和腺垂体的抑制作用减弱，促甲状腺激素释放激素和促甲状腺激素分泌便增多，于是甲状腺分泌的甲状腺激素也就增多，恢复到正常水平(图 2-40)。

甲状腺激素的稳态水平失去平衡，则产生内分泌疾病。甲状腺激素分泌过多，使人患甲亢病；婴幼儿分泌不足患呆小症，成年人分泌不足患黏液性水肿。

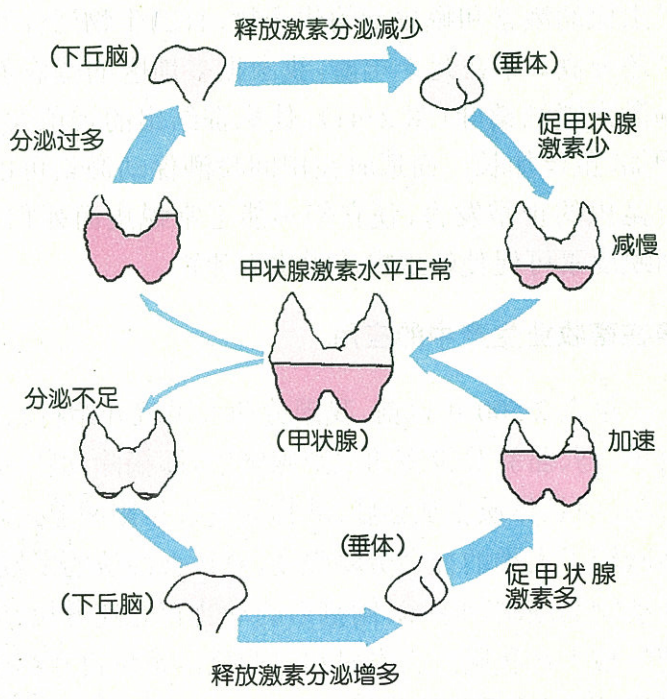


图 2-40 甲状腺激素水平稳态的调节



## 五 激素的应用

地方性甲状腺肿是由于机体长期缺碘、甲状腺激素分泌稳态失衡造成的。早在 2 400 多年以前,我国就开始利用海藻酒浸液治疗地方性甲状腺肿。在距今 1 200 多年前问世的医学著作《本草拾遗》中就提到应用胎盘治疗疾病的问题,至今临床上应用的许多激素和生物制剂也是从胎盘中提取的。可见激素的应用历史悠久、源远流长。现今随着对激素作用机理的不断揭示,激素的应用有了更加广阔的前景。

### ●在农业生产中的应用

昆虫的性外激素来源于成虫体内的性外激素分泌腺,不同种类的昆虫性外激素分泌腺的位置不同。成虫雌蛾通过释放性外激素吸引远处的雄蛾飞来与之交配。

早在几十年前,在农作物病虫害防治中以昆虫性外激素作为性引诱剂已有多方面的应用。例如,利用性外激素可以进行虫害发生的预测预报。通过向田间释放大量的人工合成的性引诱剂,使雄虫迷失方向无法找到与之交配的雌虫,不能产生后代。

利用昆虫体内天然存在的激素为生产服务也具有十分广阔的前景。现代化学手段已经人工合成了上千种类似昆虫保幼激素和蜕皮素的化合物,有的生物活性比天然激素还要高。早在几十年前,我国很多地区的蚕农就使用保幼激素喷洒桑叶(图 2-41),使家蚕结出的蚕茧大、茧层量增加、茧丝加长。而适时在田间喷洒保幼激素可以扰乱有害昆虫的正常发育,使它们不能正常蜕皮而死亡,适时使用蜕皮素可促使幼虫提前蜕皮而死亡。



图 2-41 使用保幼激素  
喷洒桑叶喂蚕

### ●在畜牧业生产中的应用

早在 2 500 年以前,我国劳动人民就开始将激素的知识广泛应用于畜牧生产方面。他们将牛、马、骆驼等役畜的生殖腺阉割,即摘除动物的睾丸或卵巢,不仅使动物的性情变得更加温驯,而且体质更加强壮,动物的使役年限明显延长,使役效率显著提高。这一技术成果极大地减轻了人类的社会劳动强度,对社会经济的发展起了很大的推动作用。对猪、羊、肉牛等食用动物实施阉割手术,阉割后的动物育肥速度快、肉产量高、肉品质鲜嫩。时至今日,这一传统的技术在我国广大农村和专业化养殖场仍在继承和发展着,并正在为改善人们生活、发展经济,发挥着重要的作用。

某些动物体内激素的分泌具有一定的周期节律性,且受外界环境因素变化的影响。利

用这一原理,养鸡场在短日照来临之前增加人工光照,人为地延长对母鸡的光照时间,使母鸡的卵巢一直处于活跃的激素分泌状态和产卵状态,从而提高母鸡的年产蛋量。为加速母畜的繁殖速度,兽医们也常常对母畜肌肉注射卵泡刺激素,用以促进母畜的发情。

使用激素改变畜牧业生产,必须要经过实践证明确实有效,并且对人类无害。片面地追求产量或短时的经济效益是不可取的。当在饲料中添加了某些激素以后,激素可在动物体内富集,人吃了这样高激素含量的肉食品对身体的生长和发育会产生不良的影响。因此,必须要科学合理地使用激素,滥用激素也会带来许多的灾难。

### ●在人类健康中的应用

随着人们对激素作用的认识,激素在治疗疾病、促进人类健康方面的使用也越来越广泛。

临床上常通过注射胰岛素来控制胰岛素依赖性糖尿病患者的血糖水平。利用糖皮质激素具有较强的抗炎症、抗过敏、抗毒、抗休克的作用,来治疗肾炎和风湿性关节炎等;将糖皮质激素类的药物制成软膏,作为外用药治疗风湿性关节炎。

催产素是妇产科医院最常使用的激素药物。在妇女分娩过程中,对于身体虚弱、子宫收缩无力的产妇,注射催产素可加强子宫肌肉收缩,促进妇女分娩;胎儿娩出以后,为减少胎盘与子宫剥离造成的出血,也常常为产妇注射催产素。



激素在计划生育、控制人口出生、促进人类健康方面的作用更是巨大。目前所使用的各种口服避孕药,其主要成分都是人工合成的女性激素,即雌激素和孕激素的制剂。有的避孕药能够抑制女性卵巢排卵;有的避孕药可干扰女性体内雌激素和孕激素的平衡,阻碍子宫内膜的正常增殖,使受精卵不能在子宫内膜中正常植入和生长发育;也有的避孕药刺激子宫颈分泌黏稠液体,形成一道黏液屏障,使精子不能与卵子相遇。

随着基因工程的诞生与兴起,使用克隆基因技术大量生产各种激素已经成为可能;现代化学合成技术也使人们能够合成效用更高、不良反应更小的类激素药物。因此,今后激素的应用将会更加广泛和普及,无论是对于促进人类自身健康还是促进农业、畜牧业的发展,将会发挥更大的作用。

### 自我检测

1. 与月经周期形成无关的激素是 ( )  
A. 促性腺激素      B. 雄激素      C. 孕激素      D. 雌激素
2. 激素的靶细胞之所以有特异性是因为 ( )  
A. 该细胞有兴奋性      B. 该细胞具有各种受体  
C. 该细胞具有特异性受体      D. 该细胞正处在生长期

3. 下列不属于激素调节的生理活动是 ( )
- A. 骨骼肌收缩  
B. 女性月经周期  
C. 动物的发育和变态  
D. 蛋白质的代谢
4. 激素调节范围比较广泛的主要原因是 ( )
- A. 激素在细胞内合成过程缓慢  
B. 需要与受体结合  
C. 由体液运输  
D. 与全身细胞有广泛的接触
5. 第一信使的作用是 ( )
- A. 将携带的信息转入细胞内部  
B. 直接引起细胞产生生理效应  
C. 与细胞膜上的 G 蛋白结合  
D. 将信息带到靶细胞膜上
6. 关于对类固醇激素的叙述, 错误的是 ( )
- A. 直接进入细胞核启动基因表达  
B. 为脂溶性, 可透过细胞膜  
C. 其受体位于细胞质中  
D. 进入细胞质中形成激素—受体复合物
7. 简述血液中  $O_2$ 、 $CO_2$  和  $H^+$  浓度的稳态调节过程。
8. 简述甲状腺激素在血液中维持稳态的多级调节机制。



### 课外实践

调查当地在生产中应用激素的情况、所产生的经济效益和社会效益。

## 第 5 节 植物生命活动的调节

在生长发育的整个过程中, 植物都会受到环境中各种因素的影响, 如光照、水分、温度、重力等。所有这些因素的变化都会对植物的生长发育产生作用。那么, 植物又是如何在这些因素的作用下调节自身的生命活动的呢?

### 一 植物的应激性

用手触动含羞草, 其复叶会马上收拢; 长期放置在阳台上而未经移动的花草会朝向窗外的方向生长……这些现象都说明, 当受到某种外界刺激的时候, 植物体本身会产生一定的反应。这些反应不仅会表现在形态上, 还会表现在生理和行为上, 植物的这种对外界刺激所作出的适应性的反应就称为应激性 (irritability)。

#### ● 植物的运动

##### 向性运动

植物受到外界刺激时, 体内某种物质的含量或分布发生变化, 引起相应部位向一定方向运动, 这种现象称为植物的向性运动。植物的向性运动主要包括向光性、向重力性、向化性和

向水性。

向光性是指植物随光的方向而弯曲的能力。当植物体受到单侧光照作用的时候,会表现出弯曲生长的特性(图 2-42)。根对光的反应和茎正好相反,会朝着没有光的方向生长。



图 2-42 长期放在窗台上的花



图 2-43 玉米根的向重力性

向重力性是指植物在重力的影响下,根会顺着重力方向向下生长(图 2-43),而茎则会背离重力方向向上生长的现象。

向化性是指由于某些化学物质在植物周围分布不均,使得植物的根朝向肥料较多的土壤生长的特性。

向水性则是指当土壤中水分分布不均匀时,植物的根会趋向较湿的地方生长的现象。

## 感性运动

植物的感性运动是由外界刺激或者内部的生理机制引起的,运动方向不由外界刺激方向决定,主要包括偏上性、偏下性、感夜性、感热性和感震性。

偏上性是指植物的叶片、花瓣或其他器官向下弯曲生长的特性,而向上弯曲生长则称为偏下性。

感夜性是指许多植物(如大豆、花生、蒲公英、紫茉莉等)的叶子、花或花序在白天高挺张开,晚上合拢或下垂的现象。

感热性是指植物对温度变化引起的反应。例如很多植物(如郁金香等)的花会在较温暖的条件下开放。

感震性是指由于震动引起的植物叶子等器官产生的反应。最为典型的实例就是含羞草的叶子在受到震动时产生收拢、下垂的反应(图 2-44)。



图 2-44 含羞草的感震性

## ●植物对不良环境的适应性反应

自然条件下生长的植物会受到各种不良环境因子的胁迫刺激,植物对这些刺激会产生一定的生理反应,主要包括以下几种。

**产生胁迫蛋白** 在低温、缺氧等各种不良环境条件下,植物体基因表达发生改变,一些

正常表达的基因被关闭，一些与适应有关的基因被启动。这样就会诱导一些新的蛋白质合成，以减轻对植物造成的伤害。

**渗透调节** 在各种不良环境下，一些植物体内会积累脯氨酸等渗透调节物质。而当胁迫解除的时候，这些渗透调节物质在植物体内的含量会迅速减少。

**植物激素的调控** 植物在不良环境条件下，许多基因被诱导表达，从而增强了抗逆性。这些基因的表达多数是在激素的调控下实现的。实验表明，脱落酸是一种对各种不良逆境作出反应的调节物质。同时，其他激素在抗性基因的表达中也起到了一定的作用。

**生长抑制** 在不良环境条件下，所有植物的生长都会受到抑制。但植物往往在生长缓慢时更能抵御不良环境可能造成的伤害。



思考

还有哪些现象属于植物受到不良环境条件刺激时的适应性反应？

## 二 生长素

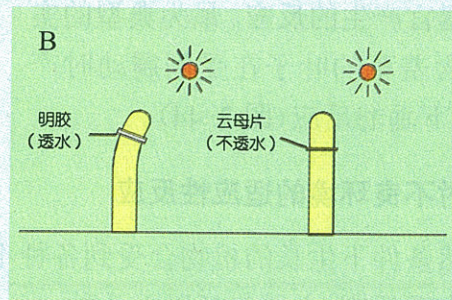
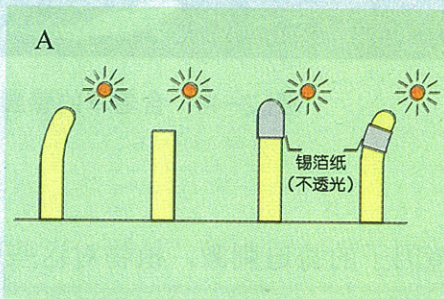
### ● 生长素的发现

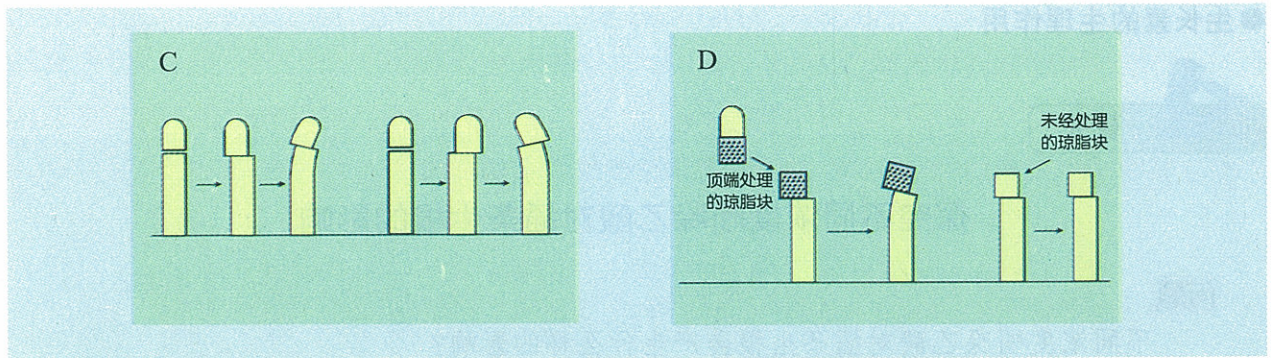


#### 阅读与分析

阅读下面资料，分析生长素具有什么样的生理作用，又是如何发挥其生理作用的。

1880年，达尔文(C. R. Darwin)用单侧光照射植物胚芽鞘，胚芽鞘会发生向光弯曲生长；切去顶端后再照射，胚芽鞘既不生长，也不弯曲。如果胚芽鞘顶部遮光，就会直立生长；而露出顶端，其他部位遮光，则会发生向光弯曲生长(图A)。1910年至1913年，鲍森·詹森(Boysen Jensen)用明胶隔开顶端，胚芽鞘会发生向光弯曲生长；用云母片隔开顶端，胚芽鞘则既不生长，也不弯曲(图B)。1914年至1919年，拜尔(A. Paal)将切下的胚芽鞘顶端放在切面的一侧，不照单侧光，植物会发生向对侧弯曲生长(图C)。1928年，温特(F. W. Went)将用胚芽鞘顶端处理过的琼脂块放在切去顶端的切面一侧，胚芽鞘向对侧弯曲生长；将未处理过的琼脂块放在切去顶端的切面一侧，胚芽鞘则既不生长，也不弯曲(图D)。





这些实验证明,植物胚芽鞘顶端能产生生长素,并运输到下部,促进下部的生长;胚芽鞘顶端能感受光的刺激;单侧光使胚芽鞘两侧生长素分布不均匀,背光一侧生长素分布较多,生长较快,结果使茎朝向对侧即照光一侧弯曲,从而使植物的茎显示向光性(图 2-45)。1934年,荷兰科学家郭葛(F. Kogl)等人从一些植物中分离出这种化学物质,经过鉴定知道,这种物质是吲哚乙酸(indoleacetic acid, IAA),由于吲哚乙酸具有促进植物生长的生理作用,因此给它取名为生长素。像生长素这样,在植物体一定部位合成并运输到作用部位,对植物的生长、分化等生命活动进行调节的微量有机物统称为植物激素(plant hormone)。

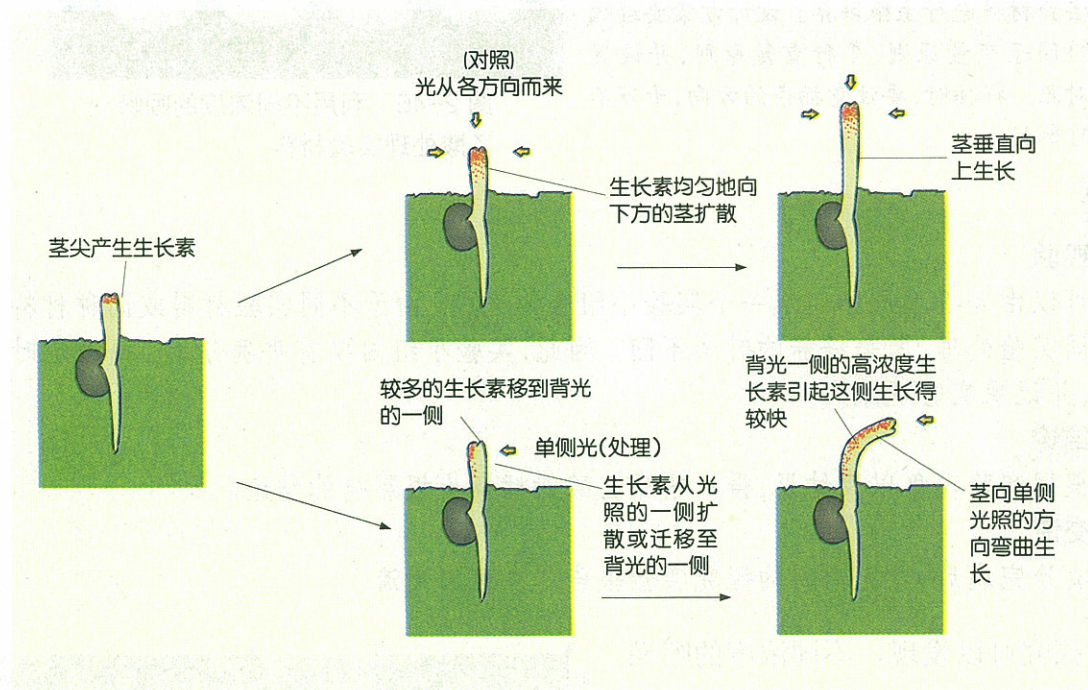


图 2-45 生长素引起向光性的原理

### ●生长素的分布与运输

生长素大多数集中分布在生长旺盛的部位,如茎尖等。生长素在植物体内的运输方式有两种:一种是通过韧皮部运输,运输方向取决于两端有机物的浓度差;另一种是限于胚芽鞘、幼茎的薄壁细胞间短距离、单方向的极性运输。在极性运输时,生长素只能是从植物的上端向下端运输。

## ● 生长素的生理作用



### 探究

## 探究不同浓度吲哚乙酸对插条生根的影响

### 问题

不同浓度吲哚乙酸对插条生根会产生什么样的影响？

### 设计实验

参照技能卡制订探究计划,包括选择实验材料、方法步骤和预测实验结果等。



### 技能卡

探究不同浓度的吲哚乙酸对插条生根的影响时,首先要配制不同浓度( $10^{-11}$  mol/L~ $10^{-9}$  mol/L)的溶液,然后用不同浓度的吲哚乙酸处理实验材料(图 2-46),一定时间(一般处理 6~12h)后,再将处理的实验材料进行生根培养。设计方案要遵循单因子变量原则、平行重复原则,并设置对照。扦插时,要注意插条的方向,千万不可倒插。

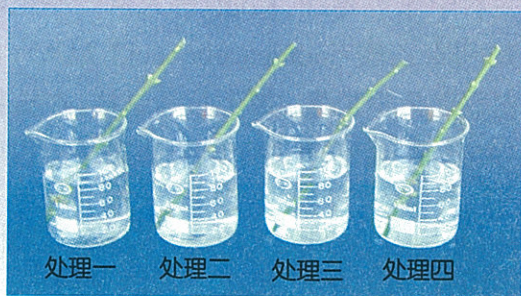


图 2-46 利用不同浓度的吲哚乙酸处理实验材料

### 实施实验

可以由 4~5 名同学组成一个实验小组合作完成。由于不同实验材料或同种材料的不同实验处理,所需培养的时间不同。因此,实验小组内要有明确分工。每天定时观察,并记录实验现象。

### 得出结论

根据实验现象以及结果,得出吲哚乙酸对插条生根影响的结论。

### 表达交流

实验完成后,写出本组的探究实验报告并在班内交流。

通过探究可以发现,不同浓度的吲哚乙酸会对植物的插条生根产生不同的影响,其中在 $10^{-10}$  mol/L 时,生根效果最好。

生长素的生理作用往往具有两重性,既能促进植物生长,也能抑制植物生长。一般来说,低浓度的生长素可以促进植物生长,而高浓度的生长素抑制植物生长。同一植物的不同器官对生长素浓度的反应也不一样(图 2-47)。

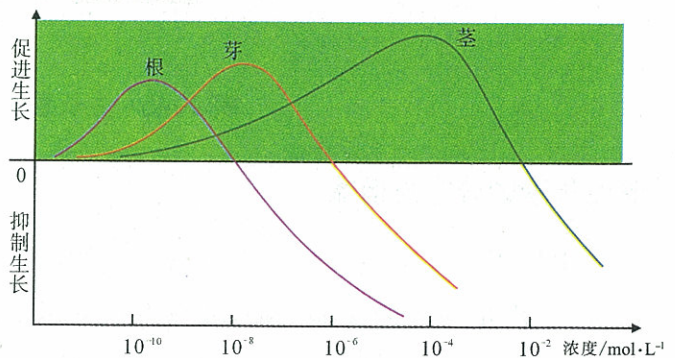


图 2-47 植物不同器官对生长素浓度的反应

### 三 植物激素的种类

人们对植物激素的研究是在 20 世纪 30 年代从生长素的研究开始的。50 年代又确定了赤霉素和细胞分裂素,60 年代以来,脱落酸和乙烯又被列入植物激素的名单。到目前为止,大家已经公认的植物激素除生长素类外,还有赤霉素类、细胞分裂素类、乙烯和脱落酸。

#### ● 赤霉素类

赤霉素种类很多,到目前为止已经发现 126 种赤霉素。赤霉素和生长素一样,在植物生长比较旺盛的地方分布较集中,例如茎端、嫩叶、根尖和果实、种子等。赤霉素在植物体内的运输没有极性,根尖合成的赤霉素沿木质部的导管向上运输,而嫩叶产生的赤霉素则沿着韧皮部的筛管向下运输。

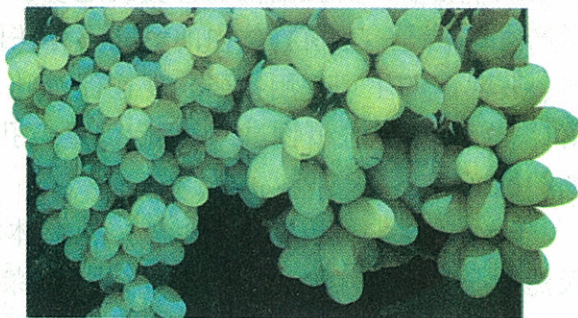


图 2-48 喷施赤霉素的葡萄(右)

赤霉素可以促进植物雄花的形成、单性结实、茎的延长、侧枝生长、种子发芽、果实生长(图 2-48)等;同时还对植物的成熟、侧芽休眠、衰老、块茎的形成等有抑制作用。在生产上,人们一般利用它促进营养生长、防止果实脱落等。

#### ● 细胞分裂素类

细胞分裂素是一类促进细胞分裂的植物激素。

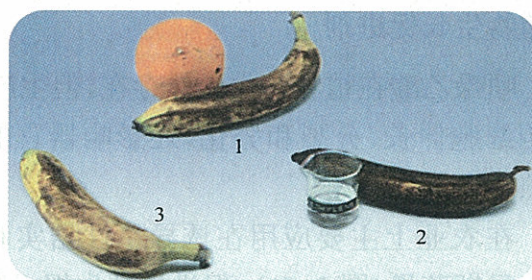
细胞分裂素主要存在于进行细胞分裂的部位,如根尖、萌发着的种子和生长着的果实等。细胞分裂素在体内的运输,主要是从根部合成处通过木质部运输到地上部分,少数在叶片合成的也能从韧皮部运走。

细胞分裂素的主要生理作用是促进细胞分裂、地上器官分化、种子发芽、果实生长等,同时可以抑制不定根、侧根的形成,延缓叶片的衰老。

#### ● 乙烯

高等植物各器官都能释放乙烯,但不同的组织、器官和发育时期,乙烯的释放量是不同的。成熟组织(如机械组织、厚壁组织等)释放乙烯较少,而分生组织、种子萌发、花刚凋谢和果实成熟时产生的乙烯较多。

乙烯的生理功能主要表现在促进细胞增大,促进果实成熟(图 2-49),促进器官脱落等几个方面。



1. 和成熟的橘子放在一起的香蕉
2. 用乙烯处理的香蕉
3. 自然放置的香蕉

图 2-49 乙烯促进果实成熟



思考

不熟的柿子很涩,为什么在盛放柿子的箱子里放进几个成熟的苹果或梨等水果,柿子会很快熟透?



## ● 脱落酸

在植物的生活周期中,如果生活条件不适宜,或者生长季节结束时,植物的部分器官(果实、叶片)就会脱落,植物停止生长,进入休眠。在此过程中,就会产生脱落酸。脱落酸是一类抑制植物生长发育的激素。

脱落酸存在于所有的维管植物中。高等植物各器官和组织中都含有脱落酸,在将要脱落或进入休眠的器官和组织中较多,而且在植物体受到逆境胁迫的时候会大量产生。脱落酸在植物体内的运输不存在极性。

脱落酸的生理作用主要表现在促进叶、花、果实的脱落(图 2-50);促进植物进入休眠;促进气孔关闭;提高植物的抗逆性。

除上述 5 大类植物激素以外,植物体内还存在其他天然生长物质,例如油菜素内酯、多胺、茉莉酸、水杨酸等,它们都对植物的生长发育有促进或抑制作用。



图 2-50 脱落酸促进植物落叶

## 四 植物生长调节剂及其应用

植物体内除天然存在的植物激素物质以外,人类已经能够通过化学合成和微生物发酵等方式,生产出一些与天然植物激素具有类似生理和生物学效应的有机物质,称为植物生长调节剂(plant growth regulator)。

植物生长调节剂种类很多,根据它们的不同生理功能可以分为植物生长促进剂、植物生长抑制剂和植物生长延缓剂。

### ● 植物生长促进剂

吲哚乙酸在植物体内天然存在,但生产上使用的为人工合成品。其生理作用广泛,可以影响细胞伸长、分裂和分化,还影响器官的生长、成熟和老化。

在农业上主要应用在诱导单性结实和坐果,防止早期落果(图 2-51),促进插枝生根,调节花期等;在生物技术中可以用来诱导胚状体和不定根形成。

除吲哚乙酸外,植物生长促进剂还包括萘乙酸、2,4-D(2,4-二氯苯氧乙酸)等。



图 2-51 喷施吲哚乙酸防止早期落果

### ● 植物生长抑制剂

青鲜素又名马来酰肼,是一种人工合成的生长抑制剂,其作用与生长素相反。

青鲜素从叶面进入植物,可以抑制芽的生长和茎的伸长;降低光合作用、渗透压和蒸腾

作用;提早结束生长,促进成熟。

在农业上主要应用在防止贮藏期的马铃薯、洋葱、大蒜、萝卜等发芽;控制烟草侧芽生长;防止大白菜贮藏期抽薹等。

在使用中应注意留种的洋葱、大蒜等不能使用青鲜素。

除青鲜素外,三碘苯甲酸、增甘磷等也属于植物生长抑制剂。

### ●植物生长延缓剂

矮壮素是赤霉素的拮抗剂,可以经过叶片、幼枝、芽、根系和种子进入植物体内,抑制细胞的伸长,但不抑制细胞的分裂。可以使植株矮化,加厚叶片,利于根系生长,培育壮苗,增强抗倒伏、抗寒、抗盐碱的能力。

在农业上主要应用在促使小麦矮化(图 2-52),防止倒伏,增加产量;玉米结棒位低,无秃尖,穗大粒满;增强马铃薯的抗旱、抗寒力,增加产量;培育矮化番茄壮苗,增加花数,提高番茄抗寒性等。

在使用中应注意避免在苗弱、长势差、地力差的地块使用;直接喷施会对叶片造成不同程度的伤害,建议对马铃薯等植物采用水浇处理;矮壮素具有较强的鱼腥味并对皮肤有害,使用时要注意防止污染。

植物生长延缓剂还包括助壮素、多效唑等。

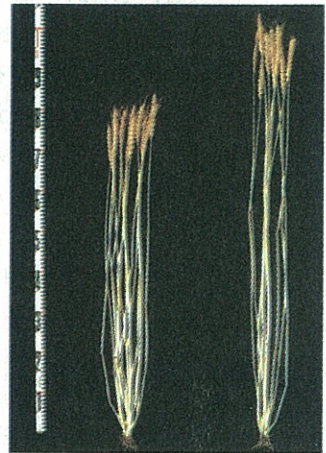
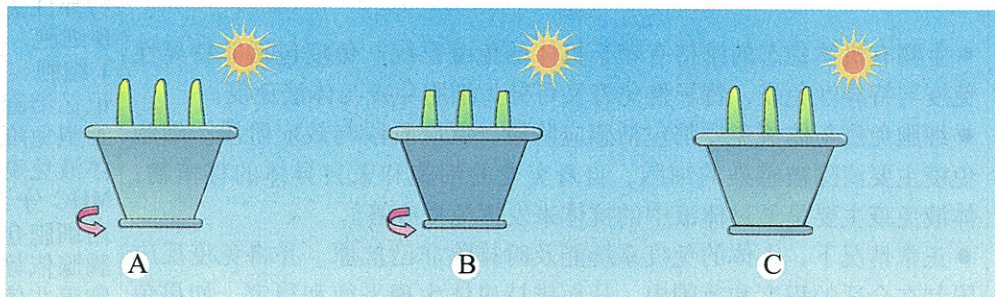


图 2-52 使用矮壮素的小麦(左侧)

### 自我检测

1. 简述植物生长调节剂在农、林业生产中的应用及前景。
2. 下图 A、B、C 为三盆燕麦幼苗,将 B 盆的幼苗胚芽鞘尖端切去,A 盆和 C 盆不做处理。将 A 盆和 B 盆分别放在缓慢匀速旋转的旋转器上,C 盆放在不旋转的圆盘上,三盆均用单侧光照射。请分析几天后三盆幼苗生长的状况和原因:



- (1) A 盆的生长状况\_\_\_\_\_ ; 原因是:\_\_\_\_\_。
- (2) B 盆的生长状况\_\_\_\_\_ ; 原因是:\_\_\_\_\_。
- (3) C 盆的生长状况\_\_\_\_\_ ; 原因是:\_\_\_\_\_。

## 本章小结

节次	重要概念	重要术语
第1节 人体的代谢与稳态	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 生物有机体的细胞外液称为内环境。内环境的稳态是维持细胞正常生命活动的重要条件。</li> <li>● 机体内环境的稳态需要反馈性的调节机制。反馈包括正反馈与负反馈，人体维持内环境稳定主要依赖负反馈的调节。</li> <li>● 人体内水的来源包括食物与饮料，以及体内物质的氧化分解；水分的排出途径包括排尿、出汗、呼吸以及排便。体内无机盐来自食物，排出途径包括排尿、出汗与排便。</li> <li>● 抗利尿激素能促进肾小管和集合管对水的重吸收，从而减少尿的排出。抗利尿激素对体内水平衡的调节起着重要的作用。</li> <li>● 醛固酮能促进肾小管和集合管对 <math>\text{Na}^+</math> 的重吸收和对 <math>\text{K}^+</math> 的排出，对于血钾和血钠含量维持平衡有着重要的作用。</li> <li>● 人体的血糖来源于对糖的吸收、肝糖原的分解以及非糖物质的转化；血糖的去路主要是细胞的氧化分解、合成为肝糖原与肌糖原以及转化为脂肪等非糖物质。</li> <li>● 血糖平衡受神经系统与多种激素的共同调节。激素中，胰岛素与胰高血糖素在血糖平衡中起着关键的作用：胰岛素能降低血糖，胰高血糖素则会使血糖升高。</li> <li>● 患糖尿病的根本原因至少有两种：一是胰岛素缺乏，如先天性 B 细胞不足，或因病毒感染等原因导致 B 细胞被广泛破坏，因而不能产生足够的胰岛素（称 I 型糖尿病）；二是胰岛素作用发生障碍，如胰岛素受体减少或对胰岛素不敏感等，虽然 B 细胞能分泌足够的胰岛素，但不能充分发挥作用（称 II 型糖尿病）。</li> <li>● 人的体温来源于体内物质代谢过程中释放出来的热量。体温的相对稳定是机体在神经与体液调节下产热量和散热量动态平衡的结果。</li> <li>● 人的体温调节包括行为性调节和生理性调节。体温调节的基本中枢在下丘脑。</li> <li>● 体温的相对恒定是维持机体内环境稳定，保证新陈代谢等生命活动正常进行的必要条件。</li> </ul>	体液 细胞内液 细胞外液 内环境 反馈调节 正反馈 负反馈 抗利尿激素 醛固酮 胰岛素 胰高血糖素 糖尿病 发热
第2节 人体的免疫与稳态	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 生物有机体稳态的维持有赖于机体的免疫系统。免疫包括非特异性免疫与特异性免疫，特异性免疫又可分为细胞免疫与体液免疫。</li> <li>● 细胞免疫与体液免疫都包括感应阶段、反应阶段与效应阶段。细胞免疫主要清除被感染的细胞、自身突变的细胞和来自异体的移植物；体液免疫主要是通过体液中的抗体来发挥免疫应答。</li> <li>● 正常情况下，人体的免疫系统能及时排除非己抗原，并将免疫反应限制在合适的程度和范围内，从而维持机体生理平衡和稳定。如果免疫功能失调，将出现组织损伤或生理功能的紊乱，如过敏反应、自身免疫病、免疫缺陷病等。</li> </ul>	非特异性免疫应答 特异性免疫应答 B 细胞 T 细胞 记忆细胞 细胞免疫 体液免疫 MHC 分子 白细胞介素 II 胸腺依赖抗原 胸腺非依赖抗原 抗体 补体 抗原 过敏反应 自身免疫病 免疫缺陷症

续表

节次	重要概念	重要术语
第3节 人体生命活动的神经调节	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 中枢神经系统通过发向外周的神经纤维分布于全身各处, 构成人体复杂的“通讯网”。神经元是“通讯网”的组成单位。在整体情况下, 有机体的一切活动都是在中枢神经系统的调节下通过反射活动来实现的。</li> <li>● 在静息的情况下, 神经元表面没有电位差, 但膜内、外是具有电位差的, 表现在外侧带正电荷, 内侧带负电荷。</li> <li>● 神经纤维受到刺激后, 膜内外电位由静息时的外正内负变为外负内正, 产生了兴奋。兴奋与未兴奋部位的电位差的存在引起了电荷的移动而形成局部电流。</li> <li>● 神经元与神经元或神经元与肌肉细胞间通过突触连接, 突触间通过神经递质传递兴奋。</li> <li>● 兴奋在神经纤维上的传导是双向的, 但在突触的传递是单向的, 只能从突触前膜向突触后膜传递。</li> <li>● 神经系统对稳态的调节包括行为性调节与生理性调节两种方式。</li> <li>● 神经调节在维持机体内环境稳态、调节有机体适应环境方面起着主导作用。大脑高级机能的出现更增加了生物有机体主动适应环境、调节机体稳态的能力。</li> </ul>	神经元 中枢神经系统 周围神经系统 脑神经 脊神经 植物性神经 交感神经 副交感神经 反射 反射弧 条件反射 非条件反射 突触 神经递质 行为性调节 生理性调节
第4节 动物生命活动的化学调节	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 在中枢神经系统的控制下, 机体某些细胞可以通过分泌激素等生物活性物质, 或者产生代谢产物, 实现对靶细胞活动的化学调节。</li> <li>● 人和高等动物的内分泌系统可分泌甲状腺激素、生长激素、胰岛素、胰高血糖素、胸腺激素、性激素、促激素、肾上腺皮质激素、肾上腺髓质激素、抗利尿激素等多种激素, 这些激素都有其独特的生理作用。</li> <li>● 人和高等动物的激素具有调节新陈代谢, 维持内环境的稳定, 调节生殖、生长和发育, 增强机体对有害刺激的抵抗能力等方面的作用。激素具有特异性、高效性和复杂性等特征。</li> <li>● 激素按其化学性质主要可分为含氮类激素和类固醇激素。含氮类激素相对分子质量比较大且具有水溶性, 其靶细胞受体一般位于细胞膜的外侧表面上; 类固醇激素的相对分子质量一般比较小, 且具有脂溶性, 它们的靶细胞受体位于细胞中。</li> <li>● 通过体液中化学物质对机体生理功能进行的调节称为体液调节。体内的 <math>O_2</math>、<math>CO_2</math> 和 <math>H^+</math>, 血液中的激素的含量都能维持相对的稳态, 它们的稳态对机体代谢的稳态有着十分重要的意义。</li> <li>● 激素在农牧业生产和医疗实践中有着广泛的应用, 并具有广阔的应用前景。</li> </ul>	激素 外激素(信息素) 内激素 脑激素 蜕皮激素 保幼激素 第一信使 第二信使
第5节 植物生命活动的调节	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 生活在不同环境中的植物对光照、温度等环境变化十分敏感, 显示出各种各样的反应与调节。</li> <li>● 植物对刺激所表现出的各种应激反应, 是植物激素调节的结果。植物激素的种类很多, 除了生长素以外, 还有赤霉素、细胞分裂素、脱落酸、乙烯等。植物激素调节种子的萌发、根茎的生长、开花结果等。</li> <li>● 植物激素在农、林业生产中的应用, 对发展生产、促进经济发挥了极大的作用。</li> </ul>	应激性 向性运动 感性运动 生长素 赤霉素 细胞分裂素 乙烯 脱落酸 植物生长调节剂

# 第3章

# 生物群体的 动态平衡

## 主要内容

### 1. 种群的相对稳定

- 种群的特征
- 模拟实验 标志重捕法
- 调查 种群密度的取样调查
- 种群数量的变动
- 探究 探究培养液中酵母菌种群数量的动态变化
- 种群数量的调节与平衡

### 2. 群落的相对稳定

- 群落的结构
- 实验 群落中物种多样性的测定
- 生物在群落中的生态位
- 调查 当地自然群落中若干种动物的生态位
- 群落的演替
- 实验 鱼缸中群落的变化(选做)



公元前3世纪,狄奥弗拉斯塔(Theophrastus)在《植物的群落》一书中,研究了陆地及水域中植物群落及植物类型与环境的关系,被后人认为是最早研究群体生态的生态学家。1859年,著名生物学家达尔文出版了他的名著《物种起源》,对生态学和进化论做出了巨大贡献。

生物群落的概念,最早由德国生物学家莫比乌斯(K.Mobius)于1880年开始使用。20世纪初,美国芝加哥大学的考尔斯(H. C. Cowles)对植物群落颇有研究,成为美国生态学知识的启蒙者。谢尔福德(V. E. Shelford)在1931年出版了《温带美洲的动物群落》,该书颇具盛名。1934年洛特卡(A. J. Lotka)出版了《生物群落的理论分析》,这是一本将数学应用于生态学的理论著作。1952年迪埃思(Dies)出版了《自然群落》一书,论述了物理环境与生物群落的关系,并讨论了群落的演替问题。

种群生态学起源于人口统计学、应用昆虫学和水产资源学,20世纪上半叶由描述为主的学科发展成为一门实验性的、定量的理论学科。1957年冷泉港国际会议有关种群调节理论的讨论,标志着种群生态学已成为生态学的主流。1977年哈帕尔(Harper)提出以植物生活史为纲的植物种群动态模型,标志着植物种群生态学的出现,随后,摩泰莫(Mortimer)(1981年)、希尔佛唐(Silvertown)(1982年)和海德里克(Hedrick)(1984年)的有关植物种群生态学著作的相继问世,使这门新兴学科迅速发展。

## 第 1 节 种群的相对稳定

鲤鱼总是生活在水中,但它们生活的一条河流和一个个湖泊大都被陆地隔开,使生活在这一湖泊的鲤鱼与生活在那一湖泊的鲤鱼相互不得联系。某一湖泊中的全部鲤鱼组成一个种群(population)。一块草地上的所有黄芪(图 3-1)也组成一个种群。种群有哪些特征?种群数量变化有何规律?种群又是如何维持相对稳定的呢?



图 3-1 黄芪

### 一 种群的特征

种群虽然是由同种个体集合而成的,但组成种群后就出现了一些个体所不具备的特征,包括种群数量、种群密度、出生率、死亡率、年龄结构和性别比等。

#### ● 种群数量



图 3-2 鸟巢

种群有大有小,种群数量有多有少。确定种群数量的方法有很多,可以用直接观察的方法一个一个地数种群内的所有生物个体;也可以间接观察生物的痕迹或标记来推断生物的数量,例如某些鸟喜欢在树上筑巢,通过统计某个地区鸟巢(图 3-2)的数量,再根据每窝鸟平均有几只,就可推断出这个地区这种鸟种群的数量。但是,由于有些种群的数量很多,或者分布范围很广,要统计出它的准确数量几乎是不可能的,所以生态学家常采用近似的方法来估计一个种群的数量。标志重捕法就是在动物种群数量调查中经常使用的一种方法。



## 标志重捕法

### 活动目标

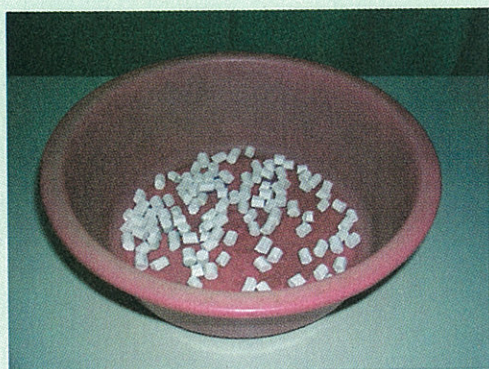
1. 举例说出标志重捕法的程序。
2. 尝试用标志重捕法估算种群的数量。

### 材料用具

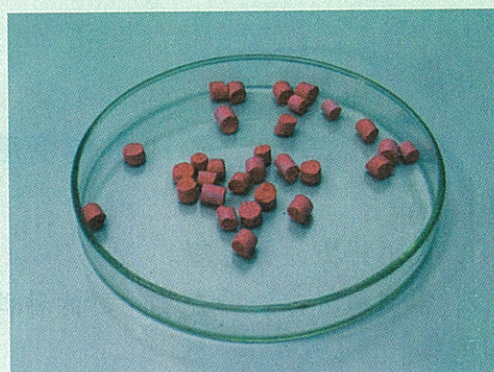
塑料盆, 盘, 白色粉笔头(不少于 100 个), 红墨水等。

### 方法步骤

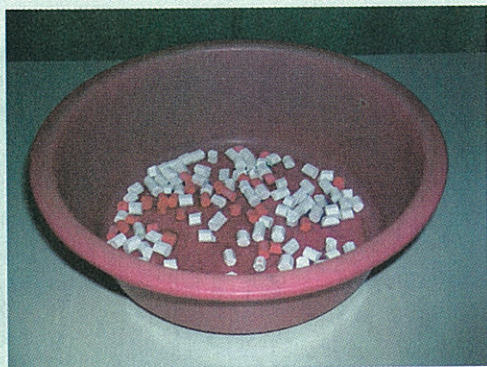
1. 将若干个白色粉笔头放入塑料盆中。



2. 从塑料盆中随机取 30 个粉笔头, 放在盘中, 并用红墨水染色。



3. 把染色后的粉笔头重新放入盆中, 并与未染色的粉笔头混匀。



4. 再从盆中随机逐个取 20 个粉笔头, 数一数染过色的有多少。



5. 利用数学知识估算盆中全部粉笔头的数量。
6. 数一数全部的粉笔头数, 与估算出的数量比一比, 你从中想到了什么?

### 总结与讨论

1. 是否必须第一次取 30 个, 第二次取 20 个?
2. 与同学交流你总结出的公式。



在被调查种群的生存环境中捕获一部分个体,将这些个体进行标志,然后再放回到原来的环境,经过一段时间后进行重捕,根据重捕中标志个体占总捕获数的比,来估计被调查种群的数量。这种种群数量调查的方法称为标志重捕法。这种方法适用于对不断移位的动物的调查。例如,对某种鼠的种群数量调查中,第一次捕获并标志数为  $M$ ,第二次捕获数为  $n$ ,其中被标志数为  $m$ ,设该种群总数量为  $N$ ,则  $N = n \div m \times M$ 。

## ● 种群密度

一个种群的数量只能表明种群的大小,不能说明种群内个体分布的疏密。单位空间内种群的个体数量称为种群密度(population density)。种群密度也是种群的一个重要特征。



### 调查

## 种群密度的取样调查

### 活动目标

1. 说出样方法的原理。
2. 尝试用样方法调查某种群的种群密度。

### 材料用具

皮尺(或卷尺),绳子,木棍,记录本(纸),钢笔(或圆珠笔)等。

### 方法步骤

1. 3~5 人一组,组内进行明确分工。
2. 选择当地适于调查的草地或农田。
3. 选一种数量适中且易于观察的植物作为调查对象。

4. 找一个该种群分布比较均匀的正方形或长方形地块来选取样方。若选择的地块是正方形,则在正方形的四个角和中央选取样方;若选择的地块是长方形,则将该地块按长度划成若干等份,在每份的中央画一个样方。以上样方均应是边长为 1 m 的正方形(图 3-3)。

5. 统计并记录各样方内这种植物的株数。

6. 计算各个样方内株数的平均值,这个数值就可以作为该种群的种群密度(株 /  $\text{m}^2$ )。



图 3-3 样方

## 总结与讨论

1. 你所在组得出的种群密度是多少? 各组的调查结果是否一致?
2. 如果各组的结果不完全一致, 原因可能有哪些?

不同物种生活在同样的环境条件下, 它们的种群密度会差异很大; 同一物种不同种群的种群密度也会有很大差别; 即使是同一种群, 其种群密度也不是固定不变的。

## ● 出生率和死亡率

单位时间内种群新生个体数占种群数量的百分比称为出生率 (birth rate)。例如, 一个个体数量为 1 000 的种群, 一年内生出 200 个个体, 那么, 这个种群的年出生率为 20%。出生率又分为最大出生率和生态出生率, 最大出生率是种群处在理想条件下的出生率; 但实际上这种理想条件是不存在的, 因此把特定环境条件下的出生率称为生态出生率, 也叫实际出生率。种群出生率的高低受多种因素的影响, 如性成熟速度、每次产仔 (卵) 数、每年生殖次数、繁殖年龄的长短等。

单位时间内种群死亡个体数占种群数量的百分比称为死亡率 (death rate)。死亡率也可分为最低死亡率和生态死亡率, 在最适环境条件下的死亡率称为最低死亡率, 在特定条件下的死亡率称为生态死亡率。死亡率的高低决定于生理条件、捕食者、疾病、气候条件等因素。

出生率高、死亡率低的种群, 必然种群数量增高, 种群密度增加。长期以来, 我国人口的出生率一直高于死亡率, 表现为人口总量高速增长 (图 3-4), 严重阻碍了经济和社会的发展。控制人口出生率已成为必须解决的问题。因此, 我国把控制人口增长, 实行计划生育定为基本国策。目前, 这一政策已收到良好的效果。

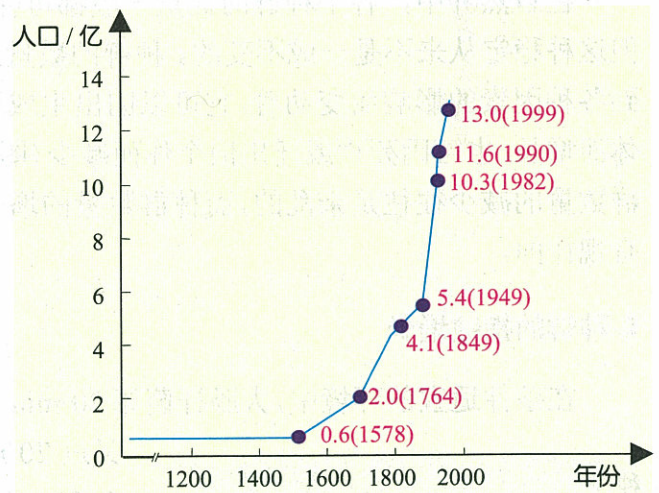


图 3-4 我国人口增长趋势

## ● 年龄结构

任何种群都是由不同年龄的个体组成的, 根据种群内个体的繁殖情况, 一般将一个种群分成繁殖前期、繁殖期和繁殖后期 3 个年龄组, 各年龄组的个体数在种群中所占的比就是年龄结构。由于年龄结构既影响出生率又影响死亡率, 对预测种群数量的变化趋势具有决定作用, 所以它是种群的一个重要特征。根据不同年龄组个体数量的多少, 可将种群分为增长型、稳定型和衰退型 3 种类型 (图 3-5)。

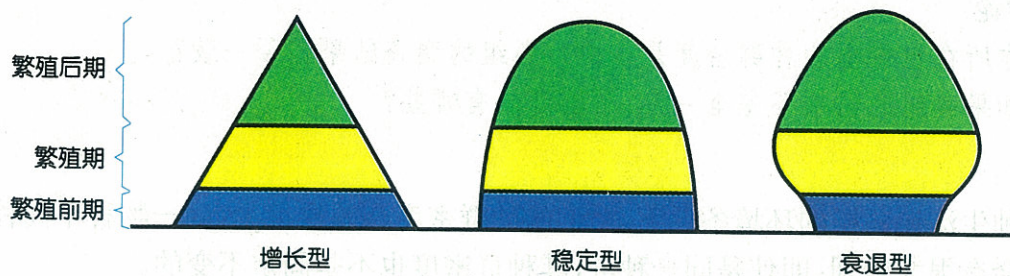


图 3-5 种群年龄结构的 3 种类型

### ● 性别比

种群的性别比是指种群中雄雌性个体数之比，通常用每 100 个雌性对应的雄性数来表示。例如，一个麋鹿种群共有 93 头麋鹿，其中雄性 43 头，雌性 50 头，我们就说这个种群的性别比是 86:100。性别比对种群的出生率会有一定作用，从而影响种群的数量。

在农业生产上，常用性引诱剂诱杀雄性害虫，来破坏害虫种群的性别比，使一些雌虫不能完成交配，从而降低害虫的种群密度。

## 二 种群数量的变动

在自然界中，各个种群的数量一般都可保持稳定，但这种稳定从来不是一成不变的。种群的数量总是因受到各种因素的影响而变动着，它可以因出生或迁入新个体而增长，也可因死亡或迁出旧个体而减少（图 3-6）。种群数量的减少往往是杂乱的，而种群数量的增长多数是有规律的。

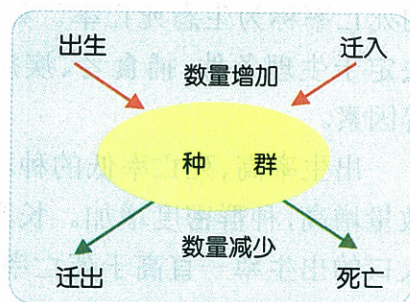


图 3-6 种群数量的变动

### ● 种群的指数增长

在条件适宜的环境中，大肠杆菌每 20 min 就繁殖一代，1 个细菌 20 min 后变成了 2 个；

又过 20 min 变成了 4 个，再过 20 min 又成了 8 个， $n$  个 20 min 后数量达到原来的  $2^n$  倍。像大肠杆菌这样的种群数量增长方式称为指数增长。如果用坐标图来表示指数增长，就会呈现出“J”型曲线（图 3-7）。某些动物迁入一个新环境的头几年，在食物充足和其他条件适合的情况下，其种群增长也近似于指数增长。例如，在 20 世纪 30 年代，有人将一些环颈雉引入美国的一个海岛上，在最初几年间，这个环颈雉种群的增长大致符合指数增长（图 3-8）。如果用  $N_0$  表示种群的起始数量，用  $\lambda$  表示单位时间（如一个世代或年月日）

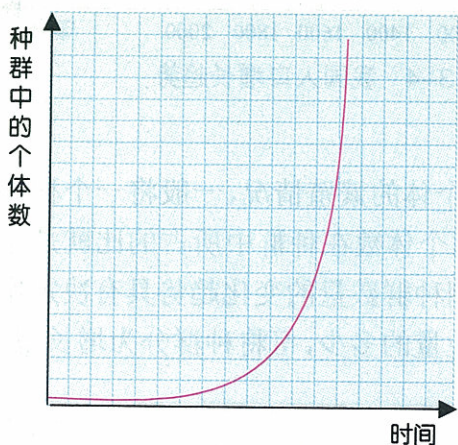


图 3-7 种群增长的“J”型曲线

内种群的增长率,  $N_t$  表示  $t$  时间后种群数量, 种群指数增长的模型为:  $N_t = N_0 \lambda^t$ 。

### ● 种群的逻辑斯蒂增长

种群的指数增长模型告诉我们, 只要  $\lambda$  大于 1, 种群就会持续增长下去, 成为一种无限增长。但是, 在现实情况下, 种群的数量不可能按照“J”型曲线无限增长。种群又会怎样增长呢?

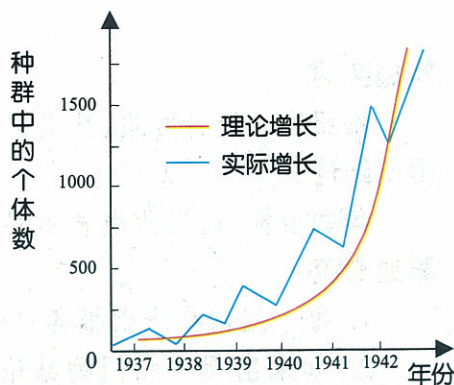


图 3-8 某海岛上环颈雉种群的增长



### 探究

## 探究培养液中酵母菌种群数量的动态变化

### 问题

培养液中酵母菌种群的数量是怎样变化的?

### 作出假设

种群增长包括加速增长、减速增长和波动 3 种形式, 酵母菌种群数量的变化, 可能是这 3 种形式不同顺序的组合。你认为培养液中酵母菌种群的增长可能是哪种组合?

### 设计实验

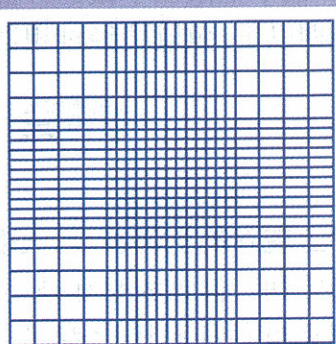
参照技能卡, 利用老师提供的酵母菌培养液、血球计数板等材料用品, 分组设计实验方案。



### 技能卡

#### 酵母菌的显微直接计数法

1. 取洁净的血球计数板一块, 在计数区盖上一块盖玻片。
2. 用滴管吸取少许酵母菌悬液, 从计数板中间平台两侧的沟槽内沿盖玻片的下边缘滴入一小滴 (勿产生气泡), 用吸水纸吸去沟槽中流出的多余菌悬液。
3. 静置片刻, 将血球计数板置载物台上夹稳, 先在低倍镜下观察到计数区后, 再转换高倍镜观察并计数。
4. 按对角线方位, 数左上、左下、右上、右下的 4 个大方格的菌数。如果菌体位于大方格的双线上, 计数时则数上线不数下线, 数左线不数右线。



### 实施实验

按照实验设计方案,认真进行实验,并将实验结果填入自己设计的记录表中。

### 得出结论

建立坐标系,用曲线表示实验结果,并总结出酵母菌种群的增长规律。

### 表达交流

1. 每个组向全班汇报各自的实验结果和结论。
2. 如果出现不相同的结论,还要深入讨论,找出原因。

### 进一步探究

不同培养液对酵母菌种群数量的变化有何影响?



每次取材料的时间间隔要相等(例如 1 h)。

酵母菌在适宜的条件下培养,其种群增长情况大致分为 4 个阶段:最初阶段,个体数量增长缓慢;接着进入加速增长阶段;然后是减速增长阶段;最后阶段,增长速度降下来,增加的数目和死亡的数目达到动态平衡。如果以培养时间为横坐标,以个体的数量为纵坐标作图,种群的增长曲线像个倾斜伸展的“S”(图 3-9)。由于这样的种群增长规律是由逻辑斯蒂(Logistic)发现的,所以称为逻辑斯蒂增长。

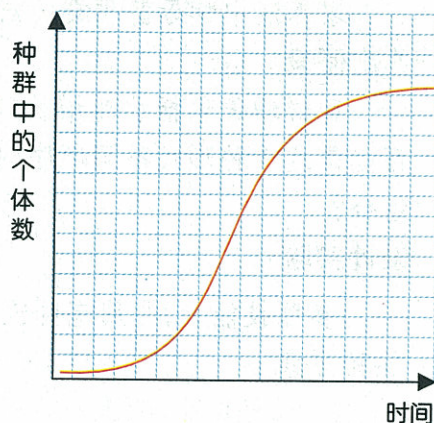


图 3-9 种群增长的“S”型曲线

生态学上常用  $K$  来表示“S”型曲线的最大值。当  $N$  小于  $K/2$  时,种群快速增长;当  $N$  达到  $K/2$  时,种群开始减速增长;当  $N$  接近于  $K$  时,种群不再增长,此时种群就达到了平衡状态。

研究种群数量变动的规律,在很多方面都有实际意义。例如灭鼠时,如果只采取杀死鼠这一种办法,有时反而会适得其反。因为如果杀死了一半的鼠,存活的鼠恰好达到快速增长期的数量,鼠群就会按指数增长,很快恢复到原来的数量。更有效的灭鼠措施是既杀死鼠,又清除垃圾,并严密储存食物,从而降低  $K$  值,这就从根本上限制了鼠的种群数量。又如在鱼的捕捞上,如果乱渔滥捕,使鱼的数量降到快速增长期以下,鱼就要经过相当长的缓慢增长后才能快速增长。

## 三 种群数量的调节与平衡

世界上现存的生物种群,大多数已发展到平衡的稳定期。但这种平衡是动态的,种群数量或种群密度往往是围绕着某一特定值波动着(图 3-10)。

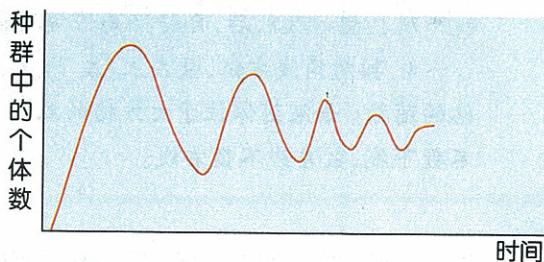


图 3-10 种群数量上下波动

## ● 环境容纳量

在对灶鸟种群的一项研究中发现,灶鸟种群数量的变化同种群密度呈负相关。在一块林地中,当种群密度少于 15 只时,种群数量就增加;当种群密度多于 20 只时,种群数量就下降;当种群密度处在 15~20 只之间时,种群数量有时增加有时下降。可见,这块林地的环境资源只能维持 15~20 只灶鸟的生存,这种由环境资源所决定的种群限度就称为环境容纳量 (carrying capacity)。当种群密度小于环境容纳量时,种群数量就增加;当种群密度大于环境容纳量时,种群数量就减少,这是由于任何种群的数量增长,都会受到食物、空间和其他资源的限制。种群密度大时,种群内个体之间竞争资源的斗争也就更加激烈,斗争的结果使一部分个体被淘汰,导致种群数量下降,使种群数量趋于环境容纳量,以维持种群的相对稳定。



思考

环境容纳量与逻辑斯蒂增长中的  $K$  值有什么关系?

## ● 种群数量的调节

影响种群个体数量的因素很多。根据其作用是否与种群密度有关,这些因素又可分为密度制约因素和非密度制约因素。

### 密度制约因素的反馈调节

对一个生物种群来说,种群密度越大,个体之间对资源的竞争越激烈。例如动物与食物的关系就是这样。有人连续 12 年研究了旅鼠种群数量和草原植被的关系。当旅鼠过多时,草原植被遭到破坏,结果食物缺乏,种群数量从而减少。但数量减少后,植被又逐渐恢复,旅鼠数量也随着恢复过来,草原植被再次遭到破坏。如此反复,旅鼠种群的数量呈现周期性消长(图 3-11)。

像食物这样,其作用随种群密度的大小而变化的种群调节因素称为密度制约因素。流行性传染病也是一种密度制约因素。种群密度越大,流行性传染病越容易传播蔓延,结果个体死亡多,种群密度降低。种群密度低了,疾病反而不容易传染了,结果种群密度逐渐恢复。

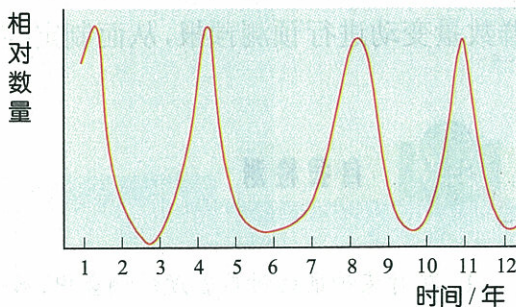


图 3-11 旅鼠种群的周期性消长

### 非密度制约因素的作用

刮风、下雨、降雪、变温等气候因素都会对种群数量产生影响,但这些因素起多大作用与种群密度是无关的,这类因素称为非密度制约因素。



## 阅读与分析

仔细分析图 3-12, 并思考下列问题:

1. 曲线的 AB 段说明了什么?
2. 曲线的 BC 段是由什么原因造成的?
3. 曲线的 CD 段说明了什么?

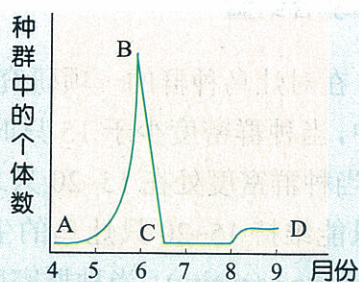


图 3-12 温度变化对蚜虫种群数量的影响

由图 3-12 可以看出, 在 4~6 月份, 由于环境条件比较适宜, 蚜虫种群的数量变化形成一个典型的“J”型增长曲线。6 月中旬, 由于高温的到来, 引起种群数量的急剧下降。7~9 月份, 当温度降下来以后, 蚜虫种群数量仍然难以回升, 这是由于高温到来之前种群密度很大, 不仅大大消耗了食物资源, 而且也使叶片受到损害所造成的。

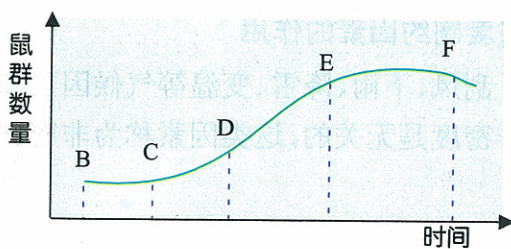
生物种群数量的不规则变动, 往往同非密度制约因素有关。非密度制约因素对种群数量的作用, 一般是猛烈的、灾难性的。例如, 我国历史上的多次蝗灾, 就是由东亚飞蝗引起的。引起蝗虫大发生的一个重要原因是干旱。东亚飞蝗在禾本科植物的荒草地中产卵, 如果雨水多, 虫卵会遭水淹而大量死亡, 因而不能造成蝗灾。只有气候干旱时, 蝗灾才能大发生, 所以连年干旱常常同时伴随蝗灾的发生。虽然非密度制约因素本身对种群数量没有反馈作用, 但可以通过密度制约因素的反馈机制来调节。当某些非密度制约因素发生巨大变化(如大旱、大寒)时, 种群死亡率会急剧上升。而种群数量大幅度下降时, 一些密度制约因素(如食物)就不再起控制作用, 因而出生率就得以回升, 使种群数量很快恢复到原来的水平。

无论是密度制约因素还是非密度制约因素, 它们都是通过影响种群出生率、死亡率或迁入率、迁出率而起着控制种群数量的作用。研究种群数量调节的因素和机制, 就有可能对种群数量变动进行预测预报, 从而制定控制种群数量的措施, 为农、林、牧、渔业生产服务。



## 自我检测

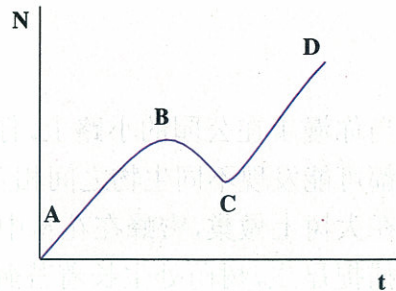
1. 在对某种鼠的种群密度的调查中, 第一次捕获并标志 28 只, 第二次捕获 26 只, 其中有标志鼠 7 只, 据此估计, 该种群的数量大约为 ( )  
A. 196 只      B. 184 只      C. 104 只      D. 54 只
2. 右图是某一鼠群迁入一个新的群落后的生长曲线, 试分析在曲线中, 食物最可能成为鼠群繁殖速度的制约因素的是哪一段? ( )  
A. BC 段      B. CD 段  
C. DE 段      D. EF 段
3. 某田鼠种群有成鼠  $a$  只, 每只雌鼠一生产仔 16 只, 各代雌雄性别比均为 1:1, 所有个体的繁殖能力均相等, 子代幼鼠均发育为成鼠, 从理论上计算, 第  $n$  代产生的子代数应为多少只?



4. 右图表示在外界条件不变的情况下,某细菌种群的生长曲线。请据图回答下列问题:

(1) 曲线的 BC 段表示什么意思? 可能是由什么原因造成的?

(2) 曲线的 CD 段又可能是由什么原因引起的?



### 课外实践

利用标志重捕法调查一块草地上蝗虫的数量。



### 开阔眼界

#### 旅鼠的集体自杀

据记载,在 1868 年春的一天,晴空万里,阳光灿烂,一艘满载旅客的航船行驶在碧波荡漾的海面上,突然,人们发现在远离挪威海岸线的海中,有一大片东西在蠕动。原来是一大批旅鼠在海中游泳,一群接着一群,从海岸边向海中游来。当游在前面的旅鼠体力用尽后便溺死海中,紧随其后的旅鼠仍奋不顾身继续前进,直到溺死为止。事后,海面上漂浮着数以万计的旅鼠尸体。时至今日,这种现象仍屡有发生。

有人认为,旅鼠的集体自杀,可能与种群密度太高有关。旅鼠有独居的习性,当其种群密度太高时,它们便会变得异常兴奋和烦躁不安,再加上得不到充足的食物和生存空间,只好奔走他乡。但也有很多事实并不支持这一观点。

旅鼠究竟为什么会集体自杀? 科学家们虽然进行了大量的观察和研究,却仍然众说纷纭,莫衷一是,给不出一个令众人信服的解释来。



## 第 2 节 群落的相对稳定

当你漫步在公园的小路上,仔细观察周围的环境,随处都可能发现不同生物之间相互关联的现象。例如,喜鹊在大树上做巢,蜜蜂在花丛中采蜜(图 3-13),蜘蛛张网捕捉昆虫,树荫处生长着苔藓植物,等等。在一个特定的地区内,这些相关联的生物种群就组成了集合体。这种占有一定空间的所有生物种群的集合体称为群落(community)。群落的结构是什么样的?群落中种群间有什么关系?群落是怎样变化的?



图 3-13 蜜蜂采蜜

### 一 群落的结构

群落中各种生物所占有的空间各不相同,因而各种群落都有一定的结构,这种结构又可分为垂直结构和水平结构。群落的结构是以群落中生物的种类组成为基础的。

#### ● 群落中的物种多样性



### 群落中物种多样性的测定

#### 活动目标

1. 尝试群落调查的基本方法。
2. 比较不同群落中物种多样性的差异。

#### 实验原理

物种多样性是代表群落组织水平和功能的基本特征。辛普森指数是测定群落组织水平的指标之一,辛普森指数大,表示物种多样性程度高。

#### 材料用具

卷尺,木槌,塑料绳,镊子,毒瓶,纸,笔等。

## 方法步骤

### 1. 选取样方

在校园内或学校附近,选择一块野草地和一块种植区,划出同样面积的样方。样方面积视生物密度而定,一般取  $1\text{ m}^2$  或  $4\text{ m}^2$ ,生物密度高的样方可小一些,密度低的样方要大一些。

### 2. 统计记录

统计样方内的动、植物种类数和每一种的个体数(对不认识的植物可用植物分类检索表检索;对不认识的小型动物,能采样的要麻醉固定,带回实验室检索),并将有关数据填入下表。

群落物种多样性记录表

种类编号	1	2	3	4	5	6
个体数量						

### 3. 物种多样性指数计算

辛普森指数的计算公式为

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N}\right)^2}$$

公式中  $D$  为物种多样性指数,  $N$  为所有种的个体总数,  $n_i$  为第  $i$  种的个体数,  $S$  为种数。

例如,一个群落中有 5 个物种,个体数分别为 2、4、4、6、8,则辛普森指数为

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N}\right)^2} = \frac{1}{\left(\frac{2}{24}\right)^2 + \left(\frac{4}{24}\right)^2 + \left(\frac{4}{24}\right)^2 + \left(\frac{6}{24}\right)^2 + \left(\frac{8}{24}\right)^2} = 4.235$$

## 总结与讨论

比较同一地区不同群落的物种组成差异和辛普森指数差异。

由辛普森指数计算公式可以看出,当群落中只有一个物种时,辛普森指数最小,其值为 1。群落中物种越多,辛普森指数越大。

自然群落一般包含的物种都比较多。这些物种形成大大小小的种群,彼此之间关系十分复杂。这些错综复杂的关系,使自然群落成为一个有内在联系和自我调节能力的整体,由此,物种的个体数量不易骤然增减,任何一个物种也不易突然消失,从而保持相对稳定。自然群落中各个物种的数量虽然保持平衡,但不是相等的,总有某些物种的数量比其他物种多一



图 3-14 以雪松为优势种的森林群落



图 3-15 以米口袋为优势种的草地群落

些。如果一个物种不仅数量多,而且生产量大,在群落结构中起主要作用,那么它就成为优势种(dominant species)。在不同群落中,优势种也不相同(图 3-14,图 3-15)。一些人为群落,由于物种数目很少,各物种的数量很容易受外界条件的干扰而改变。例如,一片农田由于作物单一化,便形成物种很少的群落,某些害虫一旦摆脱控制因素,就可能大量繁殖,从而破坏这个简单群落(图 3-16)。



图 3-16 蝗虫破坏庄稼

### ● 群落的垂直结构

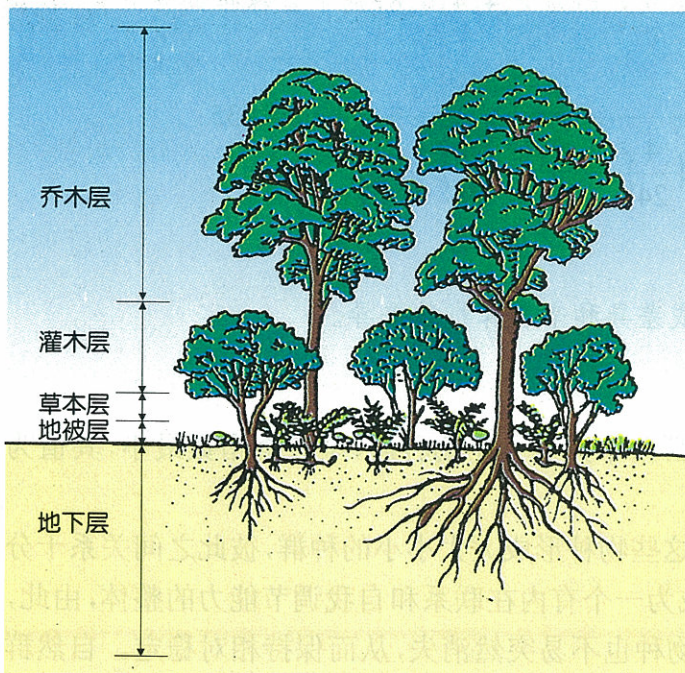


图 3-17 森林群落的地下部分和地上部分

森林群落中,地被层叶片是单层排列,草本和灌木的叶片排列层数较多,乔木树冠叶片排列的层数最多。各层植物叶片排列的方式,是与森林中光强度自上而下递减相适应的。森林群落不仅地上分层,地下根系的分布也分层。群落地下分层和地上分层一般是相对应的,乔木的根系深入土壤的最深层,灌木根系分布较浅,草本植物根系则多集中在土壤的表层,苔藓类的假根则直接分布在地表(图 3-17)。可见,森林群落的地上部分和地下部分都具有明显的垂直结构。其他群落也和森林群落一样具有垂直结构,只是层次比较少。

在群落垂直结构的每一个层次上,都有特有的动物栖息。虽然有的动物活动性很强,可以出现在几个层次上,但大多数动物都只限于在 1~2 个层次上活动。每一个层次上活动的动物种类,在一天的不同时间和一年的不同季节是有变化的。这些变化是动物对各层次上生态条件变化的反应;也可能是这些动物竞争的需要。例如,生活在热带干燥森林上层的鸟类,几乎每天中午都要迁移到比较低的层次上去活动。

群落的分层使单位面积上可容纳的生物数目增多,使这些生物充分利用环境条件,大大减弱它们之间的竞争,而使群落保持相对稳定。

### ●群落的水平结构

群落中各物种在水平方向上的分布,表现为不均匀性。群落中的生物以斑块出现,不同斑块上生物的种类、数量等都有不同。例如,在草原群落中,针茅草是优势种,但它并不构成连续的植被。各个针茅草草丛之间的空隙,由各种较小的禾本科植物和双子叶杂草所占据,并混有一些鳞茎类植物,但其中某些植物也出现在针茅草丛的内部。由于植物群落水平上的结构差异,也造成动物群落分布的不均匀。生物群落的不均匀性,使群落的稳定性增高。

## 二 生物在群落中的生态位

在一个自然群落中,不同的生物种群能共享同一个栖息地,不同的生物种群也能共享相似的食物(图 3-18),但是这些种群不会具有完全相同的生态位。



图 3-18 两种动物吃同一种食物

### ●生态位的概念

生物种群在群落中的生活方式和它们在时间和空间上占有的地位,称为生态位(ecological niche)。生态位除了说明栖息地外,还说明这一物种所需的生活条件,所吃的食物类型,如何获取这些食物,哪些生物是以这类生物作为食物的,以及在时间和季节变化时它们有什么节律性的行为变化等。有人做过这样一个形象的比喻:栖息地是种群居住的“地址”,生态位是种群赖以生存的“职业”。



### 调查

## 当地自然群落中若干种动物的生态位

### 活动目标

1. 举例说明生态位的概念。
2. 进行几种动物生态位的调查。
3. 探讨群落中生物之间的关系。

### 材料用具

笔,笔记本,照相机或摄像机。

### 方法步骤

1. 在学校附近选择一处生物种类较丰富的林地或草地。
2. 认识群落中的生物类群。
3. 确定几种有代表性的动物作为调查对象。
4. 观察这几种动物的生活环境、食物类型、被何种动物所食等,必要时可进行拍摄或录像,然后按下表的要求做好记录。

生态位调查记录表

动物名称	生活环境	食物种类	被何种动物所食

### 总结与讨论

1. 在所调查的群落中,哪些动物的生态位相近?哪两种动物的生态位差别最大?
2. 有没有生态位完全相同的两种动物?

一个群落中,不同物种在形态结构和生活方式上是不同的,因此,它们各有自己不同的生态位。在生物群落中,能够被生物利用的最大资源空间,称作该生物的基础生态位。由于存在着竞争,一般物种都不能够全部占领基础生态位。物种实际占有的生态位,称为现实生态位(realized niche)。

### ●生态位的重叠与竞争



#### 阅读与分析

仔细阅读下面的资料,想一想,为什么在混合培养条件下,有尾草履虫全部消失?这一现象说明了什么?

将有尾草履虫和双小核草履虫分别培养在培养皿中,各给以细菌作为食物,不久两种草履虫分裂繁殖并与细菌达到此起彼落的平衡。但是,如果把两种草履虫放在同一培养皿中,给以细菌,十几天后有尾草履虫均消失,只有双小核草履虫继续存活其中。

在混合培养条件下,两种草履虫享有相同的资源,也就是说它们的生态位发生了重叠,这就会导致竞争。双小核草履虫比有尾草履虫世代时间短,因而繁殖速度快。在一定量食物限制的因素之下,双小核草履虫就胜过有尾草履虫而生存下来。

在自然界中,两种生物生态位重叠的现象也是存在的。生态位重叠越多的物种,竞争越激烈。激烈竞争的结果,可能使其中一个物种趋于灭绝。

## ●生态位的分化



### 思考与讨论

1. 在什么情况下会发生两种生物的生态位重叠?
2. 生态位重叠的两种生物,除了竞争外,还可能发生什么现象?

自然群落中的两个种群,通过种间竞争,使其中一个物种灭绝的现象是很少发生的,只有在外力(如人)介入或新物种进入的情况下才可能发生。更多的一种情况是,生态位有重叠的物种,通过自然选择作用,生态位发生变化,从而减少或排除竞争,使它们共同生存下来。例如,有两个种群 A 和 B,A 种群主要以 a 为食,B 种群主要以 b 为食,它们又共同以 c 为食。自然选择对以 c 为食的个体有更大的压力,因而两个种群中以 c 为食的个体数会逐渐减少。结果两个种群的生态位发生了变化,都生存了下来。以上这种现象称为生态位分化(图 3-19)。

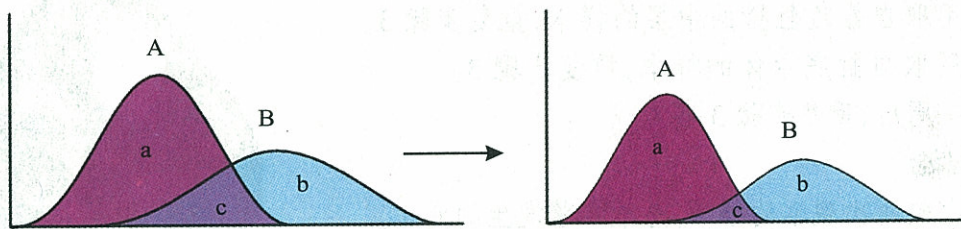


图 3-19 生态位分化

动物在生态位上的分化,基本上有 3 种适应方式:划分分布区域和活动范围;错开活动的时间;改变食物的种类,形成不同的食性。动物从各种不同的角度分摊资源,使各个种群能够在群落中共存。生态位的分化,是生物对环境的长期适应以及自然选择的结果。

## 三 群落的演替

群落是一个运动着的体系,处于不断的发展变化之中,即群落按照一定的规律进行着演替。

## ● 群落演替的概念



### 鱼缸中群落的变化(选做)

#### 活动目标

1. 阐明群落演替的概念。
2. 使用显微镜观察水中的浮游生物。

#### 材料用具

池塘水, 稻草(或麦秸)液; 鱼缸, 滴管, 载玻片, 盖玻片, 显微镜。

#### 方法步骤

1. 按 3:1 向鱼缸中加入稻草(或麦秸)液和池塘水至容积的  $\frac{2}{3}$ 。
2. 将鱼缸置于一个不受干扰, 并且没有阳光直射的安全地方放两天。
3. 用滴管从鱼缸中水体的表层采样, 制成装片, 用显微镜观察。参照图 3-20 画出你观察到的某几种生物, 并数出样本中每一种生物的数目。
4. 用取自靠近缸壁的中层的样本, 重复步骤 3。
5. 用取自缸底水体的样本, 重复步骤 3。
6. 一周后, 重复步骤 3~5。



思考

稻草液和池塘水在实验中各起什么作用?

#### 总结与讨论

1. 比较两次观察的结果, 总结群落发生的变化。
2. 什么因素会影响这个群落的变化?
3. 要想更全面了解群落的变化, 还应该怎么办?



图 3-20 几种常见浮游生物

实验中, 两次观察所看到的生物种类和数量是不相同的, 也就是说群落是不断发生变化的。在一定地域内, 群落随时间而变化, 由一种类型转变成另一种类型的过程, 称为群落的演替(succession)。

## ● 群落演替的类型

根据发生情况, 将群落的演替分为初级演替和次级演替两种类型。

### 初级演替

一般的初级演替(primary succession)是一个漫长的过程。例如, 从一个原始的岩石地区形成一个森林群落, 大致要经历以下几个阶段。

**地衣阶段** 地衣能在光裸的岩石上首先定居(图 3-21), 它们在坚硬的岩石表面生长, 并可微微地潜入岩石的内部。借助于地衣分泌的代谢酸和地衣死后所产生的腐殖酸的作用,

可加速岩石风化为土壤的过程。

**苔藓阶段** 当地衣将环境改造到一定适宜程度后,苔藓便能够开始在浅浅的土层中生长。苔藓植物在干早期可以休眠,有雨水时大量生长。苔藓的生长会使土层加厚和有机物含量增加。

**草本植物阶段** 当土壤的厚度增加到能够保持一定湿度的时候,草本植物的种子就能够在这里萌发生长了。在生存条件不断得到改善的情况下,草本植物也逐渐从低草向中草和高草演变,并会出现多年生草本植物。



### 小资料

群落演替开始时,最先建立起来的植物群落称为先锋群落。在岩石或裸地上,首先生长的是地衣,因此地衣是演替的先锋群落。人类在改造盐碱地、沙荒地时,根据气候和土壤的具体情况选择适宜的植物种类,建立先锋植物群落,便可使不毛之地逐步被改造为可生长植物的土地。



图 3-21 生长在岩石上的地衣

### 灌木阶段

到草本植物阶段的后期,会出现喜阳灌木与高草混生的现象,以后灌木成分逐渐增多,形成真正的灌木群落。



图 3-22 森林群落

### 森林阶段

在灌木群落所形成的潮湿、遮阴的地面上,为各种树木种子的萌发创造了条件,于是乔木就渐渐生长起来,最终将超过灌木。随着演替的进行和树木的成林,一个森林群落就形成了(图 3-22)。

这些演替在一定条件下才可能发生。

## 次级演替

当环境条件改变或人为干扰引起原有群落一定程度的破坏后,在新的环境条件下发生的演替,称为次级演替(secondary succession)。例如,在弃耕的农田上,首先出现的是一年生杂草(图 3-23),之后是树木幼苗(图 3-24),最后形成森林(图 3-25)。



图 3-23 杂草



图 3-24 树木幼苗



图 3-25 森林



火灾、洪水等自然灾害都能破坏原有植被,现代社会中人类活动对植被的破坏作用更大,如乱砍滥伐和过度放牧等都会造成原有植被的破坏。次级演替与初级演替有所不同,原有植被受到一定程度的破坏后的迹地不同于裸地,那里仍具有植物群落生存的基本条件,以及原有植物的种子和可繁殖的营养体。因此,演替的速度比从裸地上开始的初级演替要快。由于客观条件在变化,次生群落具有较大的可塑性和不稳定性,因此,在次生群落开发利用时,要特别注意观察群落演替的情况,使群落向着有利于人类的方向发展。

## ● 顶级群落



### 思考与讨论

1. 群落演替向什么方向进行?
2. 群落演替有无终止的时候? 如果有,终止在什么地方?

演替虽然是一个漫长的过程,但是它也不是一个无休无止、永恒延续的过程。一般说来,当一个群落演替到同环境处于平衡状态的时候,演替就不再进行了。经过一系列的演替过程,最终达到平衡状态的群落,称为顶级群落(climax community)。在顶级群落中,生物的种类、数量以及与气候关系方面都达到相对稳定。只要不发生气候的剧烈变化,没有人类大的干扰和其他生物的显著影响,生物就能通过繁殖而自我永存,并长期地保持种类组成的相对稳定。



### 思考

顶级群落和非顶级群落,有哪些明显的不同?

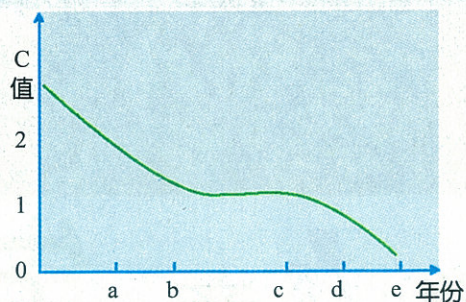
面对各种干扰,群落都有自我维持能力,这种自我维持也称群落稳定性。群落的稳定性,包括对干扰的抵抗能力和复原能力两个方面。如果一个群落能够抵抗住干扰,那么就不会发生演替。如果一个群落具有复原能力,那么在受到干扰后,它就会借助于演替过程恢复稳定的平衡。



### 自我检测

1. 在自然群落中,两个生态位有重叠的种群,最可能发生的情况是 ( )
  - A. 通过种间竞争,使其中一个物种灭绝
  - B. 通过种间竞争,使两个种群的生态位发生分化
  - C. 通过自然选择,使其中一个物种灭绝
  - D. 通过自然选择,使两个种群的生态位发生分化
2. 有一片长着马尾松和山毛榉的针叶、阔叶混交林,对两个树种的存有量逐年进行统计,并把马尾松存有量与山毛榉存有量的比值记作C,作曲线如下图。请据图回答:

- (1) 两树种处于竞争状态的年份是\_\_\_\_\_。
- (2) 两树种处于平衡状态的年份是\_\_\_\_\_。
- (3) 在 a 年的优势树种是\_\_\_\_\_, 在 d 年的优势树种是\_\_\_\_\_, 造成这一变化的根本原因是随着前一种群的繁盛, 逐渐改变了当地的\_\_\_\_\_, 使之反而适应了后一种群的需求。



### 课外实践

利用野外游玩的机会, 观察群落的垂直结构和水平结构。

## 本章小结

节次	重要概念	重要术语
第1节 种群的相对稳定	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 在同一时期内占有一定空间的同种生物个体的集合叫种群。种群的特征包括种群密度、出生率与死亡率、迁入率与迁出率、年龄组成、性别比例等。其中种群密度是种群数量的最重要特征。</li> <li>● 调查种群密度的方法有多种, 植物以及活动范围较小的动物可用样方进行调查; 活动范围较大的动物可用标志重捕法调查。</li> <li>● 在自然界中, 种群的数量一般可保持相对稳定, 但随环境因素的影响而变动。指数增长和逻辑斯蒂增长是种群增长的两种重要模型。</li> <li>● 对种群数量有调节作用的因素很多, 可分为密度制约因素和非密度制约因素两大类。密度制约因素通过反馈调节种群数量; 非密度制约因素虽然本身对种群数量没有反馈作用, 但可以通过密度反馈机制来调节。</li> </ul>	种群 种群密度 指数增长(“J”型曲线) 逻辑斯蒂增长(“S”型曲线) 环境容纳量(K值)
第2节 群落的相对稳定	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 占有一定空间的多种生物种群的集合体称为群落。自然群落一般包含的物种都比较多, 在群落结构中起主要作用的物种称为优势种。群落垂直结构上的分层现象和水平结构上的不均匀性, 都使群落更加稳定。</li> <li>● 生物种群在群落中的生活方式和它们在时间和空间上占有的地位称为生态位。生态位的重叠会导致竞争, 生态位的分化会减少或排除竞争。生态位的分化, 是生物对环境的长期适应以及自然选择的结果。</li> <li>● 群落由一种类型转变为另一种类型的有顺序的演变过程称为群落的演替。在一个没有生命的地方开始发生的演替是初级演替; 当原有植被受到一定程度的破坏后, 在新的环境条件下发生的演替是次级演替。经过一系列的演替过程, 最终达到的平衡状态的群落称为顶级群落。</li> </ul>	群落 辛普森指数 优势种 生态位 基础生态位 现实生态位 初级演替 次级演替 顶级群落

# 第4章

# 生物与环境的协调发展

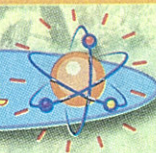
## 主要内容

### 1. 生态系统是一个相对稳定的系统

- 生态系统的结构
- 调查 生态系统成分及结构调查
- 生态系统中的能量流动
- 调查 一个农田生态系统的能量流动
- 生态系统中的物质循环
- 生态系统中的信息传递
- 实验 观察蚂蚁的信息传递
- 生态系统的相对稳定性
- 模拟试验 制作并观察生态瓶
- 生物圈是最大的生态系统

### 2. 人与环境的可持续发展

- 人类社会发展对生态环境的影响
- 实验 空气中二氧化硫浓度的简易测定
- 全球性的环境问题
- 实验 大气降水酸度的简易测试
- 生态环境保护
- 调查 污水处理方法



生态系统的研究是生态学研究的重要发展，其思想基础可以追溯到达尔文。“生态系统”一词最早是由英国的植物生态学家坦斯利(A. G. Tansley)于1935年提出来的，在此之后，苏联的地植物学家苏卡乔夫(V. N. Sucachev)又提出了生物地理群落的概念，在1956年的丹麦哥本哈根会议上，决定将“生态系统”和“生物地理群落”视为同义语。在生态系统的研究中，埃尔顿(E. Elton)强调食物链的作用，蒂内曼(A. Thienemann)指出了生产者、消费者和分解者之间的关系，林德曼(R. L. Lindemann)强调能量流动的重要性……他们都为生态系统研究的发展做出了重要的贡献。20世纪50年代以后，信息论、系统论和控制论等相关理论进一步推进了生态系统的研究和发展，使生态系统成为生态学研究的重点。20世纪60~70年代，有关生态系统理论与应用的研究大量涌现，生态系统的概念开始广泛地应用于其他相关学科。

随着人口、资源、环境等问题的日益突出，对于生态系统的研究越来越受到人们的重视。1972年6月，人类历史上第一次全世界范围内研究保护人类环境的会议在瑞典的斯德哥尔摩举行，会议通过了《人类环境宣言》。1992年6月，联合国在巴西召开第二次联合国环境与发展大会，会议通过并签署了《21世纪议程》等公约，标志着人类可持续发展观的确立。1994年，我国颁布了《中国21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书》，表明了我国对环境问题的积极态度。

## 第 1 节 生态系统是一个相对稳定的系统

在非洲的一个稀树草原上(图4-1),各种植物都接受着太阳的光照,并从大地中吸收水分和无机盐,完成自身的生长发育,维持其生命的存在与发展。斑马、羚羊啃食地上的草和低矮灌木的幼嫩枝叶;长颈鹿主要以高大乔木的叶子为食;隐藏在远处丛林中的狮子和猎豹则会对羚羊和小斑马突然袭击,作为食物将它们捕杀。植物枯死的枝叶,动物的尸体,以及粪便、脱落的皮毛被细菌和真菌分解利用,最终把水分、无机盐和热量归还给环境。

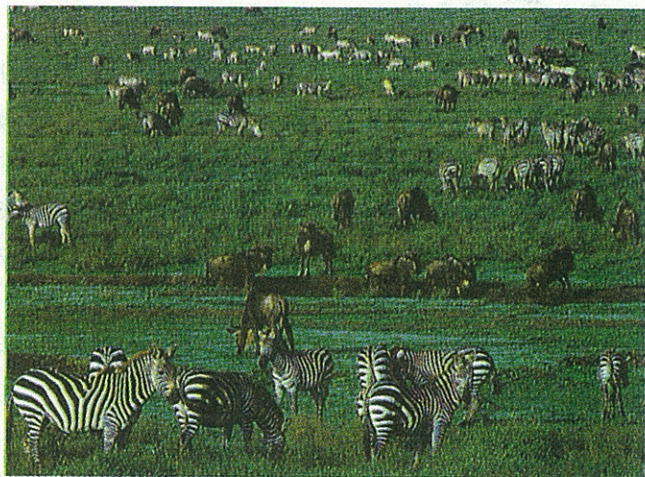


图 4-1 稀树草原上的生态系统

在这个整体中,生物之间、生物与非生物之间以及各种非生物的环境因子之间,是否存在直接或者间接的联系?为什么这样的一个整体能够稳定存在?

### 一 生态系统的结构

在自然界中存在的生物和非生物成分相互作用、相互依存,并执行一定的功能,所构成的整体,称为生态系统(ecosystem)。

#### ● 生态系统的成分



#### 调查

### 生态系统成分及结构调查

#### 活动目标

1. 识别生态系统的基本组成成分。
2. 尝试将生态系统中的各种组成成分进行准确分类。

#### 材料用具

镐头或铁锹,望远镜,放大镜,笔,记录本。

#### 方法步骤

1. 选择附近的一种生态系统,如森林、草地、农田、池塘等。
2. 分成小组,每组 3~5 人,合理分工后进行调查。

3. 按照一定的顺序进行调查,目的是使调查结果比较完整。例如,对一块农田生态系统进行调查时,可以按照土壤→地表→地上→空中的顺序进行。

4. 将你观察到的所有植物、动物以及非生物的环境因子的名称记录下来。

5. 统计归类。首先将各个小组的调查结果合并在一起,使得调查的结果更加完整,并将调查到的所有生态因子(所有对生物有直接或间接影响的环境因素)进行归类统计。

### 总结与讨论

1. 在你们所调查的生态系统中,总共有多少种生态因子?

2. 在这些生物成分之间,存在着什么样的捕食与被捕食关系?

3. 在非生物成分中,除了你所调查到的,还有哪些非生物因子也对整个生态系统产生着影响?

4. 各种因子在整个生态系统中分别发挥着什么样的作用?



**注意**  
在进行野外调查时,要注意对生态环境进行保护。例如,要将挖出的土壤填回到坑中,并尽量整平;不要随便破坏植被、捕捉动物。

通过调查可以发现,在一个生态系统所包含的各种成分可以分为非生物成分和生物成分两大类。

各种各样的非生物成分都作为生物群落的环境而存在,它们对生态系统中的生物都有着直接或间接的影响。

土壤中含有水分和各种无机盐,大气中含有  $O_2$ 、 $N_2$ 、 $CO_2$  等,它们都处于生态系统的物质循环中,我们可以将它们统称为无机物。

动植物的尸体、残遗物中包含有蛋白质、糖类、脂质和腐殖质等,这些物质都属于有机物。

风、雨、雪、温度、湿度和光照等都属于气候因素。

除了无机物、有机物和气候因素以外,还有一些其他非生物因素也对生物群落产生影响。例如,海拔的高低、土壤的结构、土壤的 pH 等。

生物成分可以划分为 3 个大的类群:生产者、消费者和分解者。

生产者(producer)主要是指绿色植物(图 4-2),它们把  $H_2O$ 、 $CO_2$  等无机物合成为有机物质,并把太阳辐射能转化为化学能,储存在有机物的化学键中。生产者是消费者和分解者唯一的能量来源。没有生产者也就不会有消费者和分解者,可见,生产者是生态系统中最基本、最关键的生物成分。

消费者(consumer)是指依靠活的动植物为食的动物。只吃植物的动物叫作植食动物(herbivore),为一级消费者,也叫初级消费者;只吃动物的动物叫作肉食动物(carnivore),其

中以植食动物为食的动物为二级消费者，也叫次级消费者。依次还有三级消费者、四级消费者，直至生态系统中的顶级消费者(图 4-3)。



图 4-2 生产者——仙人掌



图 4-3 顶级消费者——狮子

分解者(reducer)是指以生物产生的残遗有机物和死亡后的尸体为食的细菌、真菌(图 4-4)以及其他异养生物。分解者的作用就是把大分子的有机物质分解为简单的无机物并将其归还给环境,进行再循环,同时释放出能量。



图 4-4 分解者——真菌

生物成分和非生物成分紧密地联系在一起,形成一定的结构(图 4-5),构成相对稳定的生态系统。

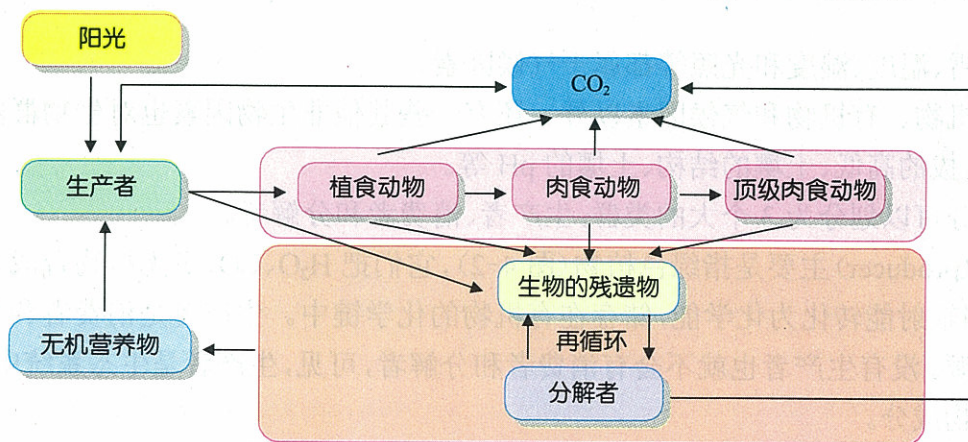


图 4-5 生态系统结构的模型

## ●食物链和食物网

### 构建模型

依据下列几种陆生生物在生态系统中的取食关系,用箭头将它们连接起来,构建出一个简化的陆地生态系统食物网。



通过食物网的构建可以发现,生态系统中的各种生物之间都存在着直接或间接的联系。生产者所固定下来的能量通过一系列的取食与被取食的过程,在生态系统的生物之间进行传递的关系就称为食物链(food chain)。

在图 4-6 中,可以找出一条食物链,如草→兔→鹰,在这样一条食物链中,它的起点是作为生产者的草;兔以草为食物,是初级消费者;鹰以兔为食,是次级消费者。

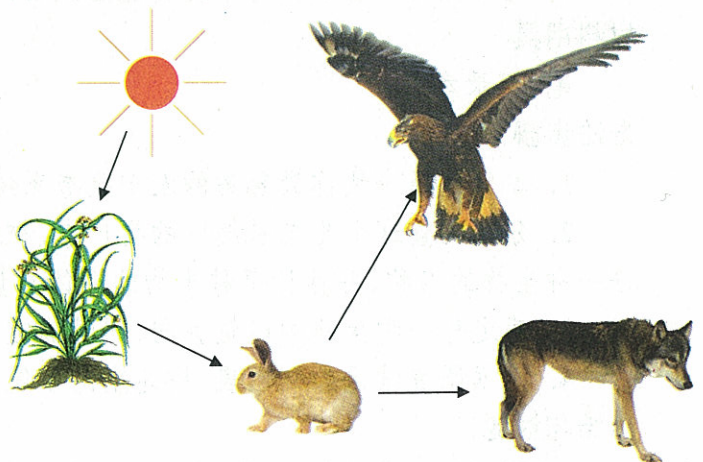


图 4-6 一个草原生态系统中的两条简单食物链

食物链所表现出来的只是生态系统中能量流动的可能路径,实际的取食和被取食关系



并不像一条食物链所表达的那么简单。绿色植物不仅仅会被兔取食,还会被鹿取食;而兔不仅会被鹰捕食,还会被狼吃掉;鹰除了捕食兔之外,鼠和蛇等也是它的“美餐”……可见,在生态系统中的生物成分之间,通过能量传递存在着一种错综复杂的普遍联系。这种由许多条食物链彼此相互交错连接而成的复杂营养关系就称为食物网(food web)。

食物网中的所有生物都处于不同的环节上,构成了不同的营养级(trophic level)。在前面所述的食物网中,绿色植物处于第一个环节上,就是第一营养级;兔以绿色植物为食,属于第二营养级;鹰捕食兔,属于第三营养级。但各种动物在食物网中所处的营养级并不是绝对的,如当鹰捕食以鼠为食的蛇时,它就属于第四营养级。

## 二 生态系统中的能量流动

生态系统中的各种生物的生长、运动、繁殖都需要能量,这些能量是如何提供给生物体的呢?整个生态系统中的能量又是如何传递和流动的呢?

### ● 能量流动的一般过程

在生态系统中,能量的输入、传递和输出的整个过程称为生态系统中的能量流动。



### 调查

## 调查一个农田生态系统的能量流动

### 活动目标

1. 描述能量在生态系统中流动的基本过程。
2. 进行对某一农田生态系统的能量流动的调查。

### 材料用具

笔,记录本。

### 方法步骤

1. 首先选择一块你最熟悉的农田生态系统作为调查对象。
2. 分类调查这个生态系统中的生产者、初级消费者、次级消费者和分解者,记录每一种生物的名称,并估计每种生物的个体数量。
3. 确定每一种生物的能量去向,同时确定各种动物的取食种类。
4. 根据调查结果绘制图表,描述生态系统中各种生物的取食与被取食关系。

### 总结与讨论

1. 调查的生态系统中,所涉及的生物种类分别属于哪几个营养级?
2. 杂草和主要作物存在什么样的关系?
3. 如何能够使更多的能量向有利于人类发展的方向流动?

生产者把太阳光能转化成化学能,储存于有机物中,便完成了生态系统中第一次能量的传递与转化(图 4-7)。

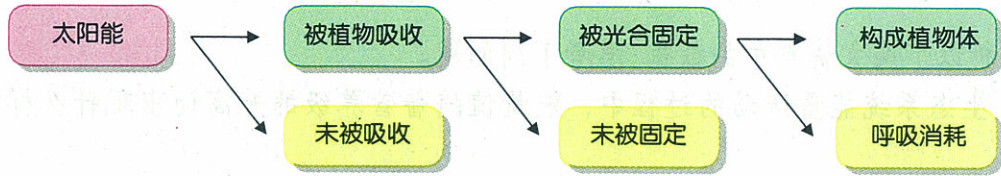


图 4-7 生产者的能量合成与转化过程图解

经生产者固定下来的能量,一部分在植物体生长发育的过程中经过呼吸作用消耗掉,以热能的形式散发到环境中去,剩下的就贮存于植物体中。贮存于植物体中的能量,一部分被初级消费者取食,经过能量的转化,从第一营养级流动进入第二营养级。而没有被利用的那部分,最终将以枯枝落叶的形式进入生态系统,并被分解者分解,把能量以热能的形式散发到环境中去。

在整个生态系统中,能量就是这样沿着食物链和食物网进行着传递。在每一个营养级上都发生着极其相似的能量的传入、转化和传出的过程(图 4-8)。

**思考**

生态系统中几乎所有的能量都来自于太阳能。那么,是不是所有的太阳能都进入了生态系统的食物链与食物网中呢?如果没有,这些能量的去向有哪些呢?太阳能在传递的过程中是否遵循能量守恒定律和转化定律?

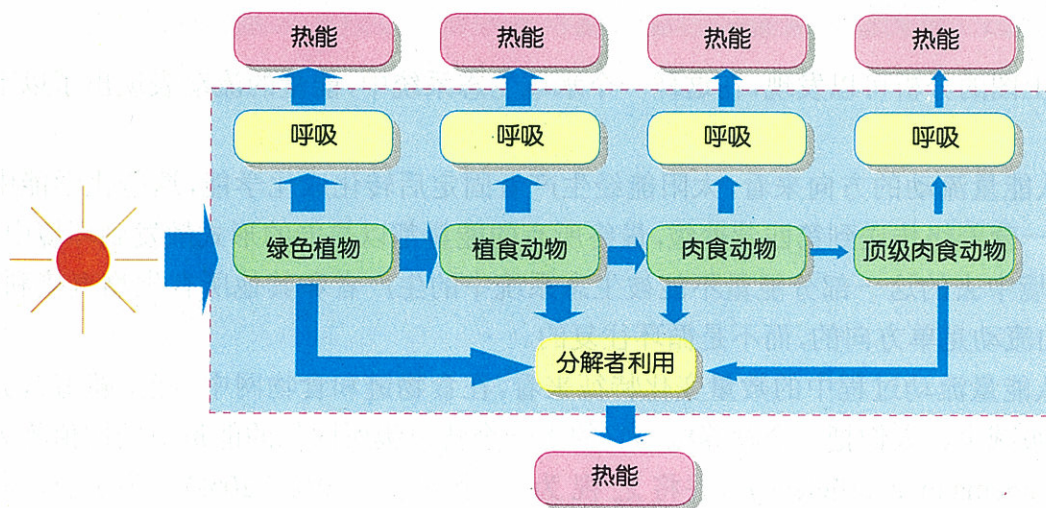


图 4-8 生态系统能量流动的一般性模型

## ● 能量流动的基本特征

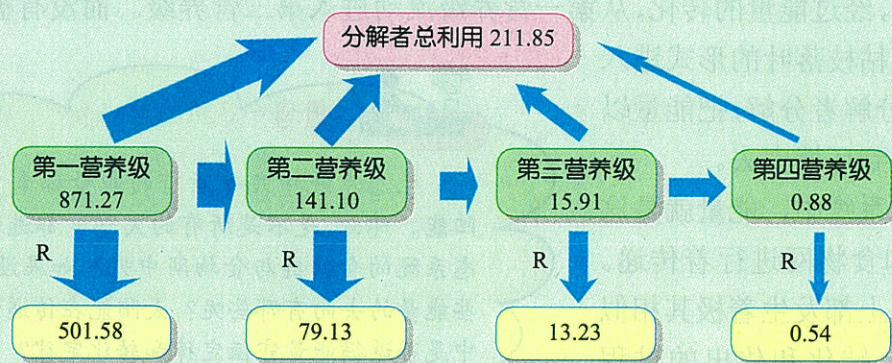


### 数据分析

分析以下图文资料中的数据,思考下列问题。

1. 生态系统能量流动的过程中,能量值随着营养级的升高而出现什么样的变化?
2. 流入一个营养级的能量值,占上一个营养级同化的总能量值的比值分别是多少?
3. 生态系统中的能量能否被生物体循环利用?

1957年,美国生态学家奥德姆(H. T. Odum)对佛罗里达州的银泉水域生态系统进行了能流分析,得到以下数据(图4-9)。



图中的数值表示能量值,单位:10<sup>3</sup>kJ/(m<sup>2</sup>·a)(千焦每平方米年);中间一平方框中的数值表示每一个营养级的生物所同化的总能量值;R表示呼吸消耗。

图4-9 奥德姆1957年对银泉水域生态系统的能流分析图解

通过对上图的分析可以发现,在这样一个水域生态系统中,能量的流动表现出了以下基本特征。

首先,从能量流动的方向来看,太阳能经生产者固定后转化成化学能,这些化学能中的一部分从第一营养级传送到第四营养级,最终所有的能量都以热能的形式散发到环境中去。而散发到环境中去的这一部分能量不能被生态系统中的生产者和其他所有生物直接利用。因此,能量的流动是单方向的,而不是循环往复的。

其次,从能量流动过程中的数量变化特征来看,在食物链和食物网中,能量随着营养级的升高而逐级减少。人们把一个营养级和它的上一个营养级所同化的能量值的比值称为林德曼效率(Lindemann's efficiency),并将之视为一个常数(10%~20%)。为了更形象地表示各营养级之间能量变化的关系,将各营养级所固定的总能量值的多少绘制成图,形成一个金字塔形,称之为能量金字塔(energy pyramid,图4-10)。在这样一个金字塔中,生产者所同化的能量必定多于消费者所同化的能量,因为消费者所同化的能量归根结底是靠捕食生产者而转化来的。总之,能量从一个营养级流向另一个营养级总是逐渐减少的。

### ● 研究生态系统中能量流动的意义

人们对于生态系统进行研究的目的在于：通过对生态现象的研究总结出一定的规律，并应用这些规律指导我们的现实生活、生产。

通过对生态系统中能量流动的研究，我们可以发现：由于生态系统中几乎所有的能量都来源于生产者对太阳能的固定，所以，只有加强对绿色植物的合理利用，才能让生态系统更好地服务于我们的生产和生活。

在农田生态系统中，我们的首要目标应该是实现作物的良好生长，合理密植，充分利用太阳光能，将更多的能量转化到我们的目标产物中去，增加水稻、玉米、小麦、大豆、棉花等作物的产量；其次，对于作物的附属产品，如水稻、玉米、小麦等的秸秆，可以进行粗加工，作为饲料喂养猪、牛、羊等牲畜，提高人们的生活水平。而牲畜的粪便还可以通过发酵来生产沼气。沼气作为煤炭、石油、天然气、电的替代能源物质，具有方便、节能、卫生、环保等诸多优点，是一种非常有开发前景的能源。沼气渣还是一种非常良好的“绿色肥料”……这样就可以实现对农业产品的多级利用，大大提高农田生态系统中的能量利用效率。这也是现在积极提倡的一种生态农业经营模式。

在草原生态系统中，合理放牧就成为发展畜牧业的关键。合理确定草场的载畜量，是实现畜产品持续高产的先决条件。如果放牧量太少，就不能充分利用牧草所能提供的能量；如果过度放牧，就会破坏牧草的正常生长，使得草场退化，降低牧草的生产力，反过来又会降低畜产品的产量。

对于森林生态系统，减少乱砍滥伐是实现森林综合效益的根本。林木的良好生长是增加各种林木用材的首要条件，同时也是维持生态系统平衡的关键。

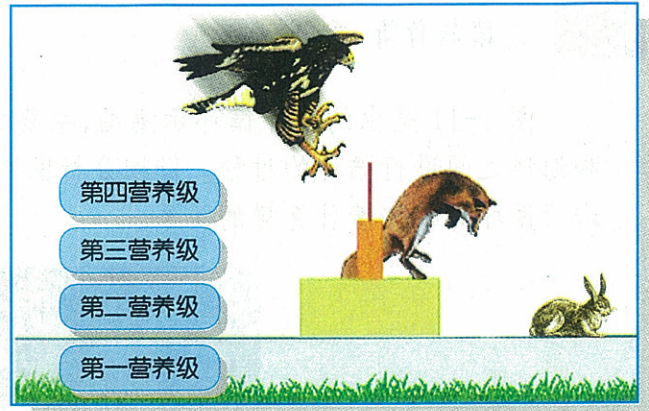


图 4-10 生态系统中的能量金字塔

## 三 生态系统中的物质循环

生态系统中的物质循环主要包括水的循环、碳的循环和氮的循环。

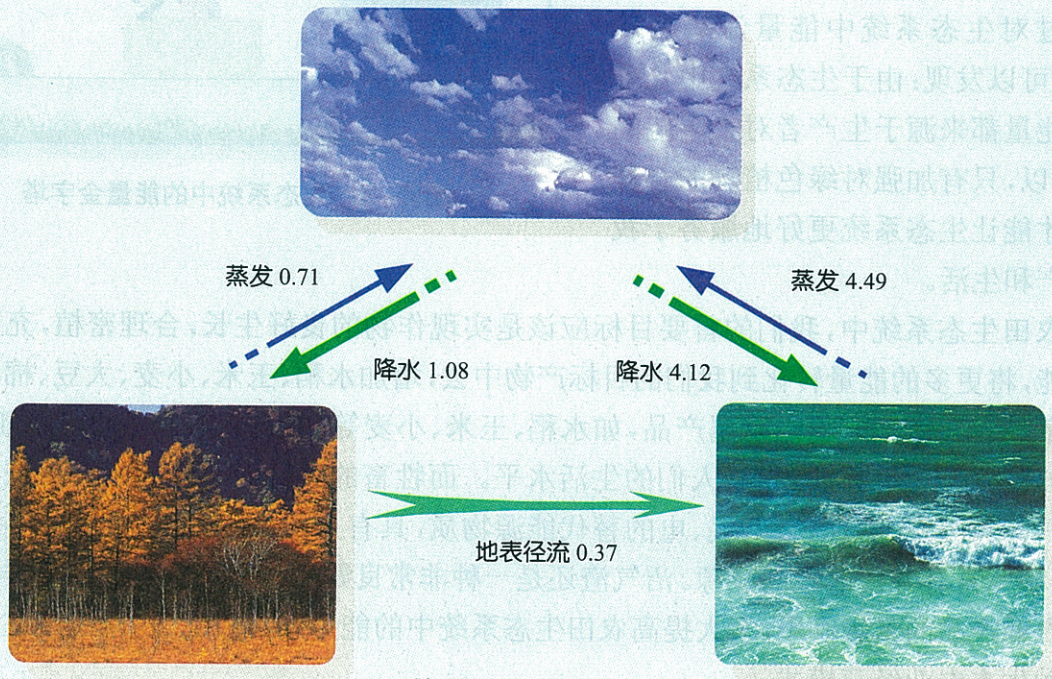
### ● 水的循环

生物体的大部分(约 70%)是由水构成的，而且各种生命活动都离不开水，所以水的循环对于生态系统具有非常重要的意义。



## 阅读与分析

图 4-11 是水的全球循环示意图,主要描述了全球的可循环水资源在大气、陆地和海洋之间进行循环的过程。仔细分析图中的数据,思考水在大气、陆地和海洋之间进行循环时存在着什么样的关系。



图中的数字代表水的年移动量,单位: $10^{17}\text{kg/a}$ ;箭头表示水流动的方向

图 4-11 水的全球循环图解

从图 4-11 中可以发现,海洋中水分的蒸发量要大于降水量,而陆地上水分的蒸发量则小于降水量。也就是说,每年从海洋中蒸发掉的水分大部分直接以降水的形式回到海洋中,小部分降到了陆地上。陆地上多出来的那一部分水分就以地表径流的形式归还到海洋中。

## ● 碳的循环

在生态系统中,对碳的循环有积极作用的碳库是水圈和大气圈。 $\text{CO}_2$  是碳循环中主要的形式。

生产者通过光合作用把  $\text{CO}_2$  转变为有机物。一部分有机物被消费者取食,保存在生态系统中;各种生物都经过呼吸作用把  $\text{CO}_2$  释放到环境中;各种动植物的尸体和残遗物绝大部分被分解者分解后,释放出  $\text{CO}_2$ ,其余的经过在地壳中的长期沉积,转变为化石燃料,开采出来的化石燃料经过燃烧,产生  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,归还给环境。地球上的碳就是这样进行着循环(图 4-12)。

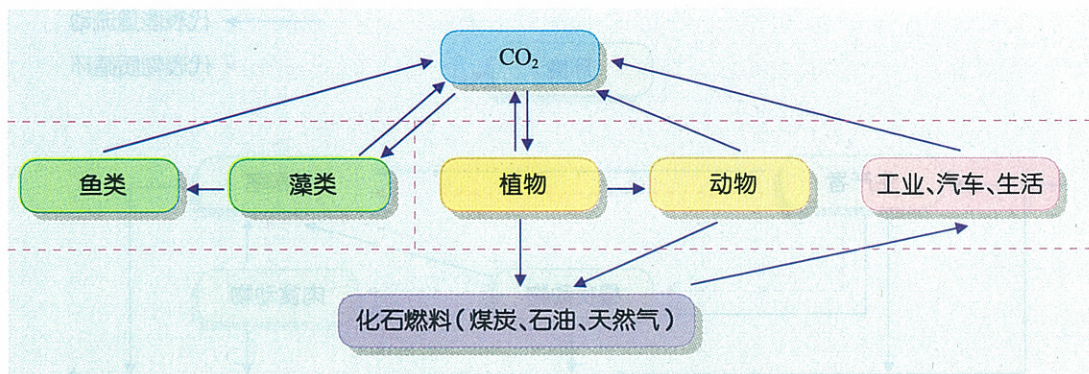


图 4-12 碳的全球循环示意图

### ●氮的循环

氮的气体形式在空气中的含量非常高，约为79%，但植物不能够直接利用它。有些植物，如大豆、豌豆、花生、苜蓿和三叶草等，它们的根上有被根瘤菌侵染形成的根瘤(nodule, 图 4-13)。根瘤菌将处于游离状态的氮气转变成为无机氮的化合物(主要是硝酸盐和氨)，供给植物直接利用，这一过程称为固氮(nitrogen fixation)。

除了根瘤菌有固氮作用以外，氨化细菌、亚硝酸盐细菌、硝酸盐细菌等多种细菌也都能够以不同的方式，将植物不能直接利用的含氮化合物转变成能被植物体直接利用的氨或硝酸盐，进入生物体中的循环。

氮在生态系统中的循环途径非常复杂，所涉及的生物种类也很多。这主要是由于含氮化合物的种类较多，而且每一个环节上都有特定的微生物参加造成的。



图 4-13 大豆的根瘤

### ●物质循环和能量流动的关系

物质循环和能量流动是生态系统的两大主要功能，二者同时进行，相互依存，是一个不可分割的整体。物质为能量的流动提供载体，使能量能够在食物链和食物网中进行传递。能量的固定、贮存、转换以及最终将能量释放到环境中去等各个过程，都是伴随着物质的合成和分解等过程而发生的。而物质循环所需要的动力，则来源于能量的供应。能量的流动使得非生物环境和生物群落之间的物质不断循环往复。同时，它们之间又有着明显的差异：能量流动是单向性的，能量在食物链中进行传递的过程中，会随着营养级的升高而逐步减少。而物质的流动是循环的，各种元素都会在分解者的作用下，被生物反复利用(图 4-14)。

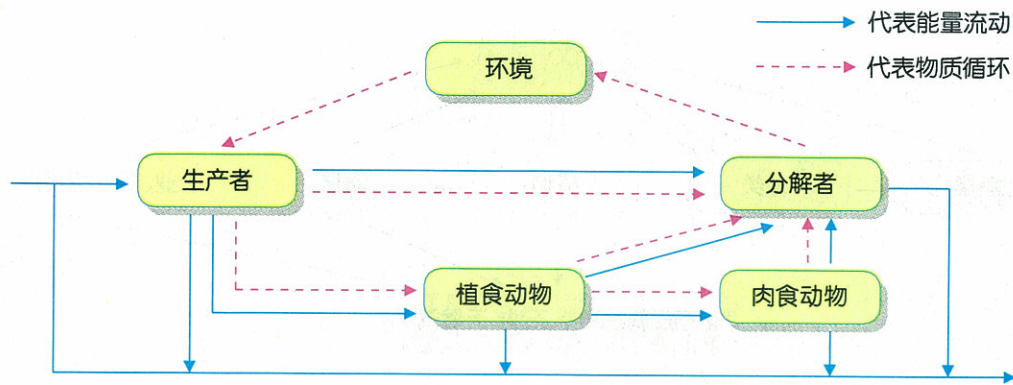


图 4-14 生态系统中能量流动和物质循环的比较

#### 四 生态系统中的信息传递

在生态系统中，能够引起生物产生生理、生化和行为变化的各种信号，都称为信息 (information)。信息传递是生态系统的基本功能之一，没有信息的生态系统是不可想象的。生态系统中的各种成分就在错综复杂的信息的调控和影响下，各自处于一定的状态，执行一定的功能，使得生态系统处于一种有条不紊的平衡状态。

##### ● 信息的基本类型

根据信息在生态系统中传递过程的差异，一般将信息分为 4 大类：物理信息、化学信息、行为信息和营养信息。

物理信息是指以物理过程为传递形式的信息，包括生态系统中的各种光、颜色、电、磁、声音、热等。

化学信息是指生态系统中各个层次的生物所产生的一些代谢产物，影响、协调生态系统的各种功能而形成的信息。

行为信息是指生物在生长发育、生命活动的过程中某些特殊表现和特殊行动所传达的信息。如蜜蜂在发现蜜源时跳的圆圈舞和“8”字舞、动物的拟态 (图 4-15) 等。



图 4-15 尺蠖的拟态

营养状况和环境中的食物的改变会引起生物在生理、生化和行为上的变化，这些变化所产生的信息称为营养信息。例如，被捕食者的体重、肥瘦、数量是捕食者的取食依据。

不同类型的信息是通过不同的方式完成信息传递的。

## ● 信息传递的基本过程

生态系统中的各种信息在生态系统的各成员之间及各成员内部的交换流动,称为生态系统的信息传递。生态系统信息传递的方式不像物质流动那样是循环的,也不像能量的流动是单向的,而往往是双向的,有从输出者向输入者的信息传递,也有从输入者到输出者的反馈(图 4-16)。

生态系统中信息传递的基本过程分为信源、发送器官、信道、接收器官和信宿 5 个主要部分(图 4-17)。

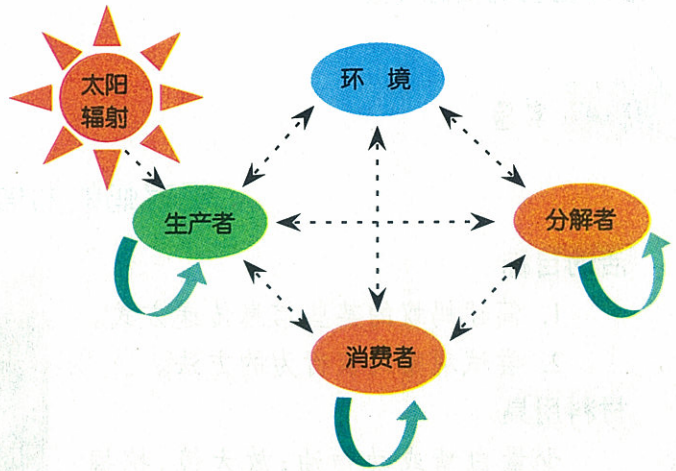


图 4-16 生态系统信息流动的基本模式

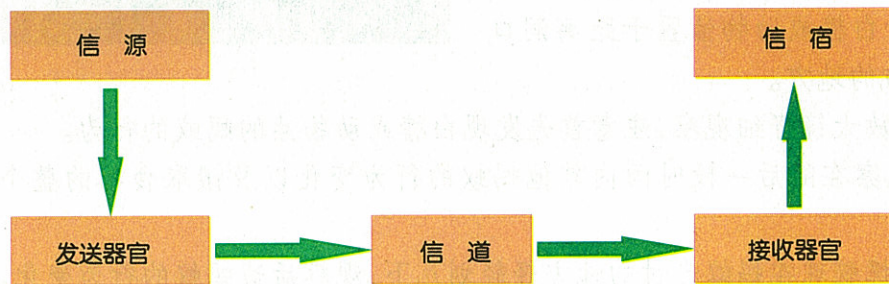


图 4-17 信息传递的基本过程

信源产生要传输的信息,通过发送器官将信息转变成为适合于信道上传递的信号,信道连接发送端与接收端,将信号通过此媒介从一个有机体(种群、群落)发送到另一个有机体(种群、群落),接收器官则执行与发送器官相反的功能,接收通过信道传来的信号,并将它转换成能被接受者理解的信息,最终传给信宿。例如,鸟在求偶时,先把求偶的信号转变成适合在“空气”这种信道中传递的声音信号,传递给异性,异性在听到对方发出的叫声后,根据叫声的节奏、高低等,判断出是求偶的信号,并会做出相应的反应。

在此传递信息过程中,信源和信宿的角色是可以相互转换的。某一信息的信源可以是另一信息的信宿,而某一信息的信宿又可能是另一个信息的信源。如某种动物发出的声音是对同类生物的召唤,同时可能会被其捕食者发觉。生态系统中的各种要素就在各种各样的信息流中充当着信宿和信源的角色,整个生态系统因此而构成了一个复杂的信息传递网络。



## ● 形形色色的信息传递



### 观察蚂蚁的信息传递

#### 活动目标

1. 简述蚂蚁的某些信息传递方式。
2. 尝试观察蚂蚁行为的方法。

#### 材料用具

少量白糖或动物油；放大镜，挖掘器，笔，记录本，樟脑球。

#### 方法步骤

1. 选择一个蚂蚁活动较活跃的蚁穴，将少量白糖或动物油置于距离洞口 20 cm 左右的地方。
2. 用放大镜仔细观察，注意首先发现白糖或动物油的蚂蚁的行为。
3. 观察在随后一段时间内其他蚂蚁的行为变化以及搬取食物的整个过程，并记录下来。
4. 用樟脑球在蚂蚁走过的地方轻轻划几下，观察后边蚂蚁的行为变化。
5. 经过一段时间后，用挖掘器（如小水果刀或螺丝刀）尽量小心地挖开蚁穴，观察并记录蚁穴内部的情况，如蚂蚁将食物运送到了哪里？是不是所有蚂蚁的个体都相同？

#### 总结与讨论

1. 不同的蚂蚁个体间是如何进行信息传递的？
2. 你能够从体形上区分出兵蚁、工蚁和蚁后吗？
3. 蚂蚁的不同分工与信息传递之间有什么联系？



蚂蚁的不同个体之间存在着多种信息传递方式，例如焦虑地跑动、利用触角接触其他个体的身体以及散发化学气味等。事实上，信息的传递不仅存在于同种个体之间，在生态系统中，非生物环境、生产者、消费者和分解者之间都存在着密切的信息联系。

许多植物具有鲜艳的花朵，花朵的鲜艳颜色就作为一种刺激信息，招引授粉的昆虫（图 4-18）。



图 4-18 花朵上的蝴蝶



图 4-19 通过“歌声”传达信息的鸚鵡

声中一般能够表达出取食、高兴、烦恼、惊恐、保卫领域、进攻等信号。

哺乳动物也会发出声音传递信息。野兔在发现有敌情时，会用后肢猛烈敲击地面，发出的“咚咚”声可以使周围的野兔迅速逃跑或隐藏起来。

一些鱼类通过放电进行信息传递。它们可以通过改变电波的释放频率，表示异性间求偶的信息或是争斗中一方认输的信息。

此外，很多种动物的性吸引、群聚、诱食、警戒、跟踪、防卫都与其外分泌腺分泌的某些化学物质所传递的信息相关。

多数昆虫在飞行时能够发出低频的声音，这往往是异性间进行交流、引诱交配的信号。

鸟类的声音通讯更是众所周知，现在已知的所有鸟类都能发出声音，进行信息传递(图 4-19)。繁殖期的啄木鸟在啄击树干时发出的声音，便是一种招引异性的信息。鸟在找到食物、遇到危险、领地受侵等各种情况下，都会发出不同的声音，进行信息传递。在这些叫



思考

除了上述的各种信息传递方式以外，你还能举出哪些信息传递的实例？它们各自属于哪种信息传递方式？

## 五 生态系统的相对稳定性

任何一个生态系统都是开放的。在生态系统与环境之间进行能量、物质和信息交流的过程中，生态系统必然受到各种因素的干扰，而对其结构和功能产生影响。然而，所有的生态系统在面对这样的干扰的时候，都会表现出一定的自我调节和恢复的能力。

### ● 生态系统稳定性的概念

生态系统能在受到干扰时，通过自我调节、自我修复而抵抗变化、保持平衡状态，这就是生态系统的相对稳定性。

不同类型的生态系统保持相对稳定状态的方式存在差异，一般可以分为两大类：抵抗力稳定性(resistant stability)和恢复力稳定性(resilient stability)。这两种稳定性一般不会在同一生态系统中表现出相同的强度，抵抗力稳定性较强的生态系统往往其恢复力稳定性较弱，反之亦然。



思考

在你生活的地区，最常见的生态系统是什么？在近些年发展过程中，它们发生了什么样的变化？根据你学过的知识分析一下其中的原因。

## 抵抗力稳定性

抵抗力稳定性是指生态系统抵抗干扰和维持自身的结构和功能不受破坏的能力。例如森林生态系统,由于其结构复杂,生物种类繁多,所以当受到干旱或程度较轻的干扰力影响的时候,森林生态系统中的各种生物成分的种类和数量不会大幅度减少,仍然能够执行正常的能量流动、物质循环和信息传递的功能。但是当森林生态系统受到严重的破坏后,要想恢复到原来的平衡状态,则需要很长的时间。热带雨林是对维持人类生存环境作用最大的森林生态系统,其复杂的结构一旦受到严重破坏,恢复起来相当困难(图 4-20)。



图 4-20 受到严重破坏的热带雨林生态系统

## 恢复力稳定性

恢复力稳定性是指生态系统受破坏后,自身恢复到平衡状态的能力。在恢复力稳定性较强的生态系统中,长期储存下来的能量和营养物质较少,所以对环境中干扰因素的抵抗力低下。例如草原生态系统,其生物种类组成以多年生草本植物为主(图 4-21)。一旦受到过度放牧、火烧等干扰,生态系统的能量流动、物质循环和信息传递等功能就会受到影响,表现出一片萧条,但来年又会重新恢复到原有的平衡状态。



图 4-21 草原生态系统

## ● 生态系统的稳定性与生物多样性的关系



### 模拟实验

## 制作并观察生态瓶

### 活动目标

1. 分析封闭的微生态系统的稳定性。
2. 尝试设计并制作一个生态瓶。

### 材料用具

带有螺旋盖的罐头瓶或饮料瓶,一个简单的淡水生态系统或陆地生态系统的主要组成成分。

### 方法步骤

1. 首先确定模拟的生态系统类型。模拟淡水生态系统可以用一个带有螺旋盖的罐头瓶等容器，模拟陆地生态系统可以用两个饮料瓶，剪去上半部分后套装成一个封闭的装置。

2. 较合理地配置生态系统的组分，要求生产者、消费者和分解者以及非生物成分都具备。将选定的各组分记录下来。

3. 观察生态瓶中动植物的生活状况，记录其中几种生物存活的时间，比较不同生物存活时间的长短。



### 总结与讨论

1. 本小组设计的生态瓶中哪种生物最先死亡？分析其主要原因。

2. 根据生态瓶中生物存活时间的长短，分析如何改进实验装置，以延长生态瓶中所构建的生态系统存在的时间。

生物多样性是影响生态系统稳定性的重要因素。生物多样性越高，食物网越复杂，生态系统抵抗外界干扰的能力就越强；反之，生物多样性越低，食物网越简单，生态系统就越容易受到干扰而发生波动，甚至毁灭。

具有较高生物多样性的生态系统，例如热带雨林，其生物群落的种类组成多样，营养结构较复杂，当受到某种干扰



图 4-22 热带雨林生态系统

时，自我调节能力较强(图 4-22)。如果某种生物成分的个体数量显著减少，其在生态系统中所执行的功能还可在一定程度上被同一营养级的其他物种代替。当生态系统的物种多样性很低的时候，例如冻原生态系统和荒漠生态系统，其生物群落的种类组成较单纯，营养结构也很简单，在受到环境中的干扰力作用时，自我调节能力就很低(图 4-23)。在这样的生态系统中，少数物种的缺失就有可能造成生态系统中食物链或食物网某一环节的中断，因而不能执行生态系统的正常功能，造成生态系统平衡失调，最终趋于崩溃。



图 4-23 冻原生态系統

## ● 生态系统的反馈调控

生态系统是一个具有稳态机制的自动控制系统，其稳定性是通过系统的反馈调节来实现的。当生态系统中的某一成分发生变化时，它必然会引起其他成分发生一系列的变化，这些变化反过来又会影响到最初发生变化的那种成分，这个过程就称为反馈。反馈分为负反馈和正反馈两种。

负反馈的作用是使生态系统达到并保持平衡或稳态，负反馈的结果是抑制和减弱最初发生变化的那种成分所发生的变化。

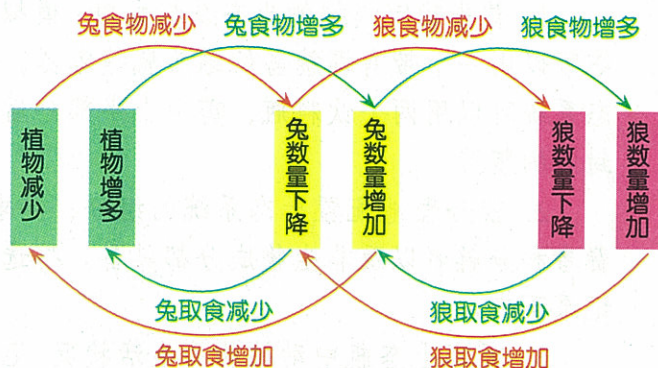


图 4-24 一个草原生态系统中的负反馈调节

负反馈在生态系统中比较常见(图 4-24)，在一个草原生态系统中，生产者、初级消费者和次级消费者之间的负反馈调节，使得生态系统处于一种相对稳定的平衡状态。

正反馈的作用刚好与负反馈相反，它会使最初发生变化的那种成分所产生的变化加速，结果使生态系统远离稳态和原有的平衡，最终走向崩溃。正反馈比较少见，湖泊生态系统受到污染后的恶性循环是一个较典型的正反馈实例(图 4-25)。

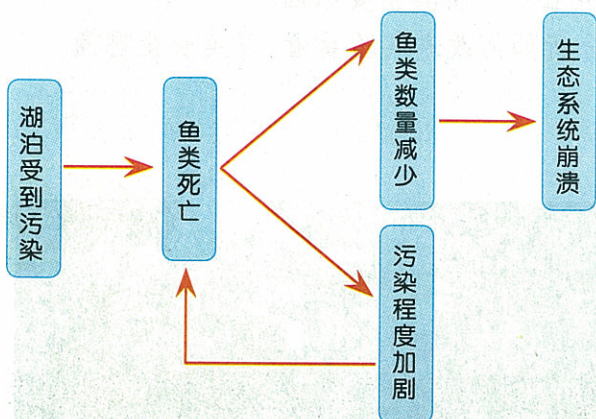


图 4-25 一个湖泊生态系统中发生的正反馈调节

## 六 生物圈是最大的生态系统

生物圈(biosphere)到底有多大，这很难界定。有人曾做过这样一个形象的比喻：如果把地球比做一个苹果，生物圈就相当于苹果表面一层薄薄的苹果皮。

### ● 生物圈的概念

人们对生物圈的定义一般是指地球上的全部生物和一切适合于生物栖息的场所。可以理解为：凡是有生物生活的地方，都可以被包含在生物圈的“疆域”之内。整个地球的表面分布着 3 个圈层：大气圈、水圈和岩石圈。一般说来，生物圈包括大气圈的下层、岩石圈的上层和整个水圈。

大气圈在岩石圈和水圈的上方，由多种气体组成，其中最主要的气体是  $N_2$ 、 $O_2$  和  $CO_2$ 。在大气圈中，生命主要集中在最下层，也就是与岩石圈和水圈的交界处。大多数鸟类飞行的高度一般不会超过 400~500 m。鹰等猛禽飞行得较高，能达到 3 000 m 左右；鹭可以在

7 000 m 的高空翱翔(图 4-26)。登山队员在珠穆朗玛峰 8 200 m 的高度曾见到过山鸦在冰山上空盘旋;一些昆虫、小动物可以飞得更高些,甚至在 22 000 m 的平流层,也曾经发现过细菌和真菌的孢子。

岩石圈是一切陆生生物的立足点,主要包括陆地的表面和土壤上层几十厘米的范围,少数植物的根系能够深入到地下十几米甚至几十米。我们常见的“参天大树”一般也只有 40~50 m 高(图 4-27);干旱沙漠中的骆驼刺需要吸收充足的水分,它的根系可



图 4-27 参天大树



图 4-26 鹰在高空翱翔

以延伸到地下 15 m。岩石圈中最深的生命极限可以达到 2 500~3 000 m,在那里的石油中有细菌生存。

在整个水圈中都有生命存在。在海洋生态系统中,最主要的生物都集中在海平面以下 150 m 的范围内,即便在没有光线的海底,也有鱼类生存(图 4-28),甚至在 10 000 m 以下的海底,仍有海葵、海参和甲壳类等动物存在。

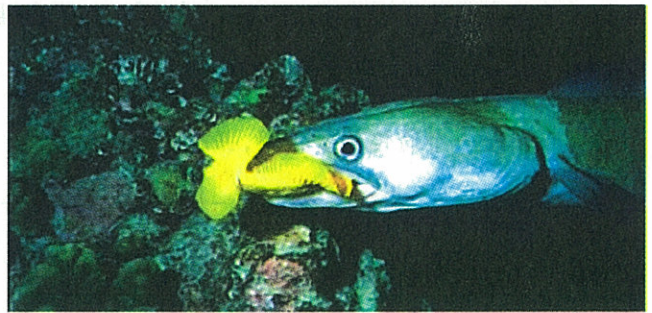


图 4-28 生活在海底的鱼

### ● 生物圈是开放的生态系统

生物圈中的各种生态系统都是开放的系统。不同的生态系统由于地域相隔,表面上看似似乎并不相干,实际上都存在着一定的联系。海洋中的水分蒸发后降到陆地上,供给各种生物生命活动所需;森林、草原通过根系保持水土,影响着河流,河流又与海洋存在着直接的联系;海洋中和陆地上的植物经过光合作用释放出  $O_2$ ,随着大气的流动飘向四方,供给生活在大气中的鸟类、昆虫等进行呼吸;海鸥等鸟类又以海洋中的鱼为食……由此可见,整个生物圈无论在结构上还是功能上都是一个整体(图 4-29),它是地球上最大的生态系统。

## ● 人类对生物圈的影响

人类是生物圈中的特殊成员。人的活动对整个生物圈的影响是显著而巨大的。随着工业的发展,人类无限制地开采各种自然资源,并向环境中排放各种有毒有害物质,严重地影响了各种生物的生存,破坏了生态环境,使整个生态系统向着越来越不利于人类和各种其他生物生存的方向



图 4-29 天空、海洋、陆地形成一个整体

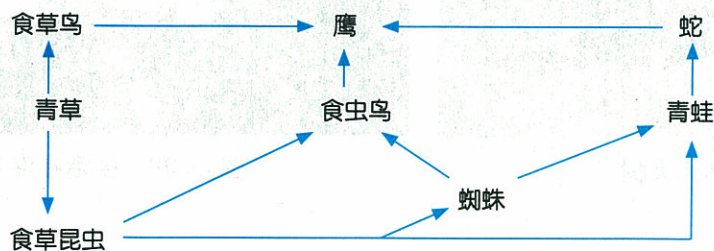
发展,严重威胁着整个生物圈。为了挽救这种全球的生态危机,从 20 世纪 70 年代开始,世界各国开始行动起来,为保护生物圈的稳定投入了大量的人力、物力。

我国是“人与生物圈”(MAB)的理事国,在研究和保护生物圈方面做了大量的工作,建立了大量的自然保护区,其中部分国家级自然保护区已经加入了世界生物圈保护区网。相信随着人类文明的发展、科学技术的进步,人类一定能够处理好经济发展与环境保护的关系,人与生物圈的关系会朝着更加和谐的方向发展。



### 自我检测

1. 某生态系统中含有鹿、蛇、猫头鹰、草、兔、鼠等生物,能使猫头鹰增多的因子是 ( )  
 A. 蛇多、鹿多、草少  
 B. 鹿少、蛇多、鼠少  
 C. 兔少、草少、鼠少  
 D. 蛇少、草多、鹿少
2. 下图是一个简化的食物网,据图分析下列问题:



- (1) 该食物网由 \_\_\_\_\_ 条食物链组成。
  - (2) 其中的初级消费者是 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。
  - (3) 处在第三营养级的生物有 \_\_\_\_\_ 种。
  - (4) 生态系统的成分中,该图只体现出了生产者和消费者,没有体现出的成分还有 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。
  - (5) 在能量转化过程中 \_\_\_\_\_ 可以把太阳能转化成化学能。
3. 一个生态系统中有草、食草昆虫、鼠、兔、鸟、青蛙、蛇、鹰等动物,分析一下,对鼠或蛇进行大量捕杀分别会出现什么样的结果?

## 第 2 节 人与环境的可持续发展

地球为人类的生存和发展提供了一切所需的物质条件。随着工业的发展和人口的增加,人类对自然资源的过度开发和利用,使自然界遭到了很大的破坏。人们不得不对自身的行为及其产生的后果进行反思:人类是大自然的主宰吗?我们应如何与其他生命相处?怎样才能实现人与环境的可持续发展?

### 一 人类社会对生态环境的影响

人类社会发展的历史就是改造和利用自然环境的历史。地球上资源短缺、环境污染、生态恶化等诸多问题都与人类社会的发展息息相关。

#### ● 人类社会对资源的影响



#### 阅读与分析

阅读以下材料,分析为什么人口过多会引发环境问题产生,甚至导致社会的衰败?

复活节岛是位于南太平洋上的一个小岛屿,考古学家在岛上发掘了众多古代先民遗址和 700 多尊巨大的雕刻石像,表明该岛曾有过辉煌的人类文明。有人推测,大约在公元 400 年,一群波利尼西亚人驾船出海来到复活节岛并定居下来,通过开荒种植和出海捕捞维持生计。生活的富足使岛上的人口不断增加,为了维持生计,岛民开始大规模砍伐森林,用以造船捕捞。渐渐地岛上的自然资源减少了,各部落间也开始为争夺有限的资源而爆发冲突和战争。大约在公元 1400 年,岛上丛生的棕榈树消失了,到 15 世纪末,岛上茂密的森林被彻底砍伐殆尽。鸟类由于缺乏食物开始减少,许多植物因失去传粉的鸟类而灭绝,造船的树木没有了,岛民只能开荒种地,以满足对食物的需求。于是,发达的文明开始衰落,并逐渐出现了食人部落。公元 1700 年,岛上人口衰减到原来人口的 1/5,20 世纪初,岛上只剩下 111 个土著居民。

复活节岛曾经建立过辉煌的人类文明,但当社会经济发展超过了环境资源的承载能力时,人类文明就会走向衰落。上述事实使我们更清醒地思考人类与自然资源的关系。

按照自然资源是否可以更新的特点,可以将资源分为不可再生资源(nonrenewable resource)和可再生资源(renewable resource)。不可再生资源是指那些被人类利用后逐渐减少,甚至枯竭而不能恢复和再生的自然资源,包括各种金属矿物、非金属矿物和煤、石油、天然气等化石燃料。可再生资源指那些被人类利用后,能依靠生态系统的自身力量得到自然恢复或再生的资源,如生物资源、土地资源、水资源等。但是,如果人们无节制地索取这些可再



生资源,对它们的开发利用强度超过了其更新恢复的速度或能力时,可再生资源也会转化成为不可再生资源,而导致最终耗尽。

人类为了生存与发展,会不断地从自然界中获取各种自然资源。当地球上的人口越来越多时,对自然资源的需求也就越来越大。

1830年以前,世界人口的增长速度是非常缓慢的。之后,随着医学和农业的发展,人的寿命延长,死亡率下降,人口开始不断增长。进入20世纪以后,人口增长达到了惊人的速度(图4-30)。而人口增长必然带来对资源需求的同步增长。

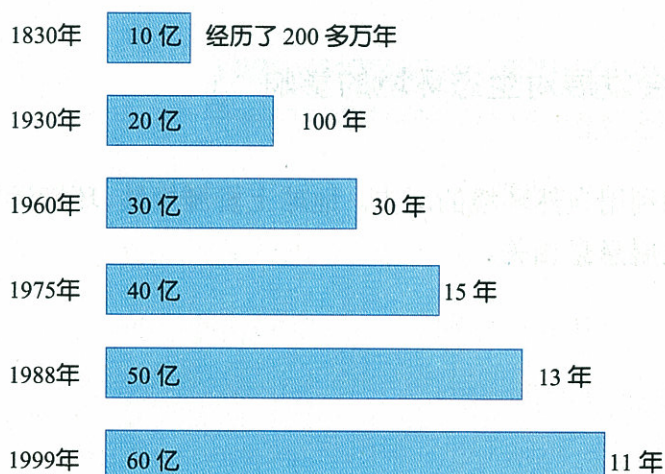


图4-30 世界人口每增长10亿需要的时间



### 小资料

20世纪至今,世界人口增长了3倍,能源消耗增长了15倍。尤其是1950年后的50多年中,人口增长了近2倍,渔业、木材消耗,能源消耗均增长超4倍,农业产量增长了3倍多,工业生产增长6倍多。人类以惊人的速度消耗着地球资源。

以土地资源为例,非洲是世界上人口增长最快的地方,1970年人均耕地面积约为 $5\text{hm}^2$ ,到2000年人均耕地减少了一半。我国人口自新中国成立以来大幅度增长,土地资源所承受的压力越来越大,到2000年,我国人均耕地面积不足新中国成立初期的一半(图4-31)。

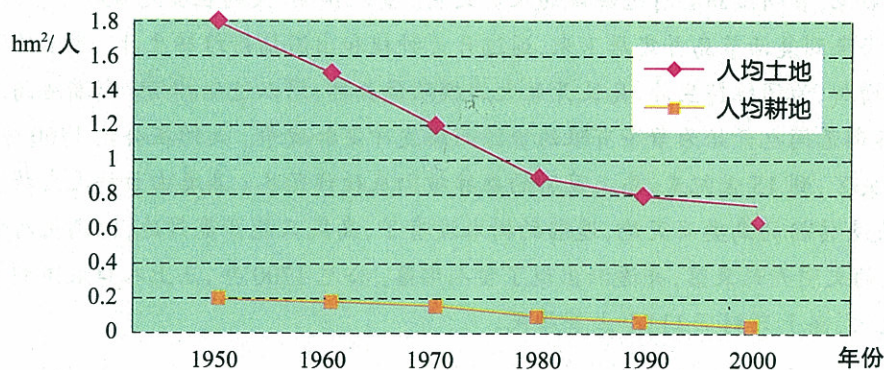


图4-31 中国人均土地、耕地变化趋势

水是地球生命之源,尽管地球表面70%被水覆盖,但淡水资源仅占地球总水量的2.5%,而能被人类直接利用的淡水只占总水量的0.3%,可见地球上的淡水资源是非常宝贵的(图4-32)。目前世界上有40多个国家和地区缺水,约20多亿人用水紧张,10亿多人得不到良好的饮用水。随着人口增长,水资源供求矛盾将更加突出。有人估



图4-32 世界水资源量示意图

算,如果按照近 50 年的水资源消耗速度,到 21 世纪中叶,全球的淡水将变得比油还贵。

中国是世界上人口最多的国家,到 1999 年,全国人口已达 13 亿,约占世界人口的 1/5 以上。虽然我国许多重要资源、能源储量位居世界前列,但人均拥有量远低于世界平均水平(表 4-1)。同时,我国能源和水资源的分布又极不平衡,就更加剧了资源的供求矛盾。

未来几十年中,随着我国人口的进一步增长,人均拥有的耕地、淡水、森林资源和一些重要的矿产资源将进一步下降。



### 思考

我国历来是世界上人口最多的国家,1949 年新中国成立前夕,总人口已达 5.4 亿。试想:如果没有实行计划生育政策,我国人口将会达到多少呢?

表 4-1 中国主要自然资源总量和人均占有量在世界的排序

资源类型	资源总量排序	人均占有量水平	人均占有量排序
土地面积	居世界第三	为世界人均水平的 1/3	位居世界的 110 位
耕地面积	居世界第三	为世界人均水平的 1/4	位居世界的 126 位
草地面积	居世界第二	为世界人均水平的 1/2	位居世界的 76 位
森林面积	居世界第五	为世界人均水平的 1/5	位居世界的 119 位
淡水资源	居世界第六	为世界人均水平的 1/4	位居世界的 109 位
矿产资源	居世界第三	为世界人均水平的 1/3	位居世界的 80 位

## ● 人类社会对发展的影响

人类为了生存与发展,在向自然界不断地获取资源、创造和改善自身生存条件的同时,又在不断地向自然界排放各种废弃物。这种因人类活动而引起的自然变化,以及由此而给人类的生存和发展带来的不利影响,称为环境问题(environmental problem)。通常情况下,人们将环境问题分为生态破坏和环境污染。

### 生态破坏

人类不适当地开发、利用资源而引起自然环境的衰退,称为生态破坏(ecological disaster)。如植被减少、水土流失、土地荒漠化和生物多样性降低等。其中,土地荒漠化已经成为全球性的生态环境问题,是导致贫困和饥饿的主要原因之一。随着人口增长,一方面,人们大肆地砍伐森林,过度地开发利用林草资源,使地表植被破坏,水土流失加剧;另一方面,人们不合理地耕作与种植,大量地施用农药化肥,使土壤肥力下降,耕地逐渐退化,这样,最终导致了土地沙化及荒漠化(图 4-33)。据统计,全世界每年水土流失量高达  $2.4 \times 10^{13}$  kg,大量肥沃土层流失使荒漠化的土地面积不断扩大。我国的土地沙化、退化形势也非常严峻,每年因土地退化减少的耕地面积,相当于丹麦、法国、德国和荷兰耕地面积的总和。

同样,对其他自然资源的过度开发利用,也导致了一系列生态环境问题的产生。如超量开采地下水引起地下水位下降,导致地层塌陷、海水倒灌;原始森林不断减少,使上百万物种失去了家园,生物多样性锐减;大量消耗煤、石油、天然气等能源,不仅使这些资源日益枯竭,而且在能源利用过程中,大量废气排入大气,造成大气污染等。



图 4-33 过度放牧导致土地沙化

## 环境污染

环境污染(pollution)是伴随人类的活动而产生的,是由于人类生产和生活过程中不断向环境排放废弃物,并对生物和人类自身产生了不利影响的环境变化。环境污染的类型很多,如大气污染、水污染、固体废物污染等。

**大气污染** 大气污染(air pollution)是指任何产生有害影响的大气变化。引起大气污染的原因多种多样,如工业生产、燃料燃烧、机动车运输、建筑施工、风沙、扬尘,等等(图 4-34)。造成大气污染的污染物种类也很多,但可分为两大类:颗粒物即通常所说的尘埃(包括各种固体、液体和气溶胶)和气态污染物。

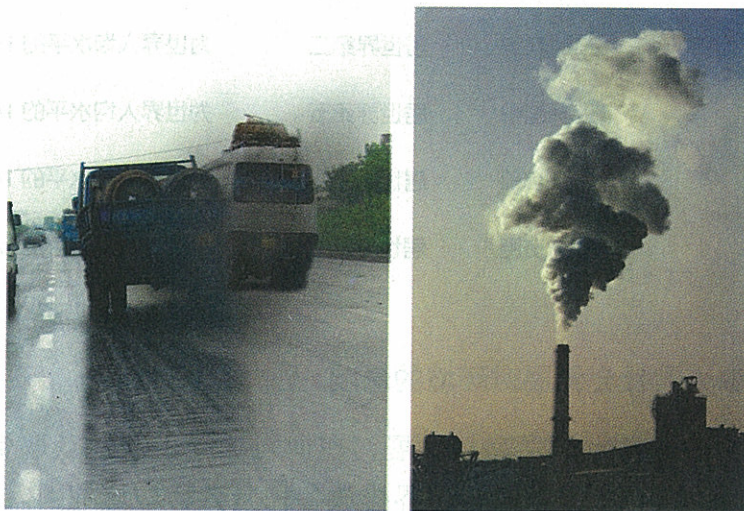


图 4-34 废气排放造成大气污染



## 空气中二氧化硫浓度的简易测定

### 活动目标

1. 说出当地空气中的  $\text{SO}_2$  污染状况。
2. 尝试大气污染物测试技能。

### 材料用具

具双孔橡皮塞的试管,注射器(100 mL);0.5 mmol/L 的碘吸收液,淀粉指示剂等。

### 方法步骤

1. 用天平称取 1.27 g 粉末状的纯碘和 4.00 g KI, 使之全部溶解在 1 000 mL 的蒸馏水中, 取此溶液稀释 10 倍即得到 0.5 mmol/L 的碘吸收液。

2. 用移液管吸取 5 mL 的碘吸收液, 注入试管中, 加入 2~3 滴淀粉指示剂, 此时溶液呈蓝色。

3. 在测定地点按图 4-35 连接好各种仪器, 徐徐抽气, 每次抽气 100 mL, 直至溶液的颜色全部退尽为止, 记录抽气次数(注意: 抽气时要慢慢拉动注射器)。

4. 计算空气中 SO<sub>2</sub> 浓度:  $SO_2(\text{mg/L}) = 1.6/n$  (n 为抽气的次数)。

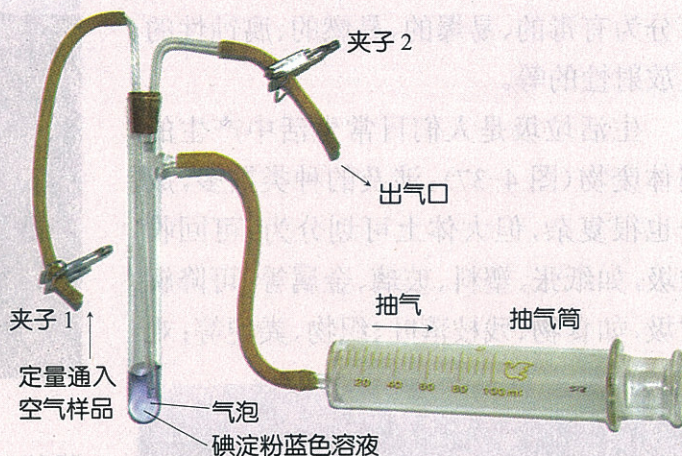


图 4-35 测定空气 SO<sub>2</sub> 的装置

### 总结与讨论

1. 比较各组所测试的 SO<sub>2</sub> 浓度大小, 分析误差原因。
2. 根据测试结果得出当地大气中 SO<sub>2</sub> 污染状况, 分析造成 SO<sub>2</sub> 污染的主要原因。

二氧化硫主要来源于含硫煤的燃烧, 是形成酸雨的主要原因之一。当前, 我国规定居住区大气中二氧化硫最大浓度不得超过 0.5 mg/m<sup>3</sup>。由于我国能源结构以煤为主, 因燃煤而排放的二氧化硫污染是许多工业城市和北方城市的主要大气污染问题。尤其冬季, 伴随燃煤量的增加, 二氧化硫污染也明显加重。

虽然大多数大气污染是人类活动的结果, 但也存在一些由自然原因造成的大气污染。如火山喷发会向大气中排放大量的浓烟、火山灰、硫和氮的氧化物等。

**水污染** 水污染(water pollution)是由于某种物质的介入而导致水体的物理、化学、生物等方面的特性发生改变, 并对人体或其他生物产生有害影响的水质变化。造成水污染的原因多种多样, 但绝大多数水污染是由人类活动引起的, 如工业、农业、采矿业等废水排放和人们日常生活污水排放等。引起水污染的污染物种类很多, 其中酸碱性物质能够改变水体的 pH, 对水体中生物的正常生长造成影响; 铅、铬、镉、汞、砷等重金属类对水中生物具有显著的毒性, 而且还可通过生物的富集作用进入人体, 造成慢性中毒或严重疾病, 如水俣病就是由汞污染造成的。含各种有机物和无机物的工业废水和生活污水, 能为水中的藻类、浮游生物等提供丰富的营养供其大量繁殖, 消耗水中大量的溶解氧, 从而影响鱼类和其他水生生物的生存, 严重时造成水体黑臭, 丧失水体功能(图 4-36)。

**固体废弃物** 固体废弃物是生产和生活过程中产生的、无法利用而被丢弃到环境中的固体或半固体废弃物。按固体废弃物的污染特性可分为一般废物(如建筑垃圾)和有害废物

(如工业废渣)。有害废物又称危险废物,可分为有毒的、易爆的、易燃的、腐蚀性的及放射性的等。

生活垃圾是人们日常生活中产生的固体废物(图 4-37),涉及的种类繁多,成分也很复杂,但大体上可划分为:可回收垃圾,如纸张、塑料、玻璃、金属等;可降解垃圾,如食物、残枝落叶、织物、粪便等;难



图 4-37 形形色色的生活垃圾



图 4-36 水污染导致鱼类大量死亡

降解或不可降解垃圾,如碎砖瓦、沙石、灰渣土、混凝土碎块、陶瓷等。生活垃圾中也包含有害垃圾,例如废旧电池。

如果固体废物处理不当,不仅占用大量的土地资源,还污染土壤、地表水、地下水和大气,并对人类健康和生态环境产生影响。固体废物乱堆乱放还会影响环境卫生和景观,给人们的视觉带来不良的刺激。

除了上述污染类型之外,我们日常生活中还会受到噪声、电磁波、辐射以及土壤污染等影响。有些污染产生的危害是局部的,但有些污染将会对全球环境造成影响。

## 二 全球性的环境问题

人类开始大规模开发自然仅仅是在近两三个世纪。如果把这段时间与地球生命的历史长河相比,恐怕只是一瞬间,可是,人类却在这么短的时间里使全球发生了巨大变化,并引发了一系列全球性的环境问题。

### ● 气候变暖

人的正常体温保持在  $37^{\circ}\text{C}$  左右,如果超过了正常体温,人就可能发热了。同样道理,全球年平均气温也是相对稳定的,变化范围一般不超过  $1^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。然而,许多证据表明,在过去的一个世纪里,全球表面温度上升了  $0.3^{\circ}\text{C}\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ ,尤其是在最近的几十年中,全球气温确实在变暖。气候变暖是由什么原因导致的呢?



## 数据分析

对照图 4-38,分析全球温度变化与二氧化碳排放量增加的关系。

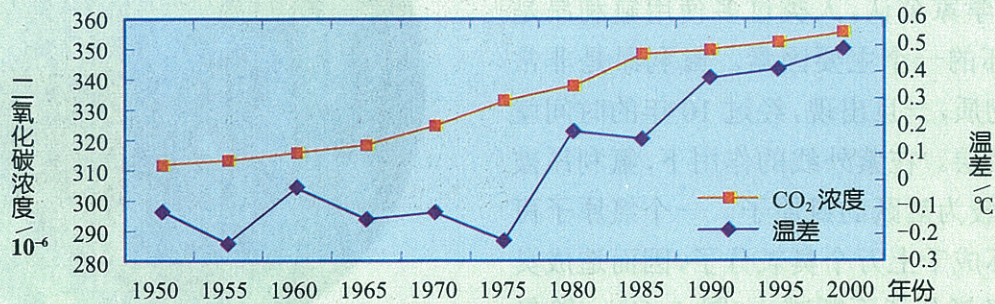


图 4-38 全球二氧化碳浓度和平均温度变化情况

全球变暖与 CO<sub>2</sub> 排放量有关。大气中 CO<sub>2</sub>、水蒸气和其他微量气体能使太阳辐射几乎无衰减地通过,但又能阻挡地球向外层空间散发红外辐射,致使热量不能散发到外层空间,其原理类似温室升温,因此,这类气体被称为“温室气体”,导致地球表层温度升高的现象被称为“温室效应”。大气中能产生温室效应的气体近 30 种,起主要作用的是 CO<sub>2</sub>、NO、甲烷和氯氟碳(俗称氟利昂)等。

由于能源的过度使用和自然资源的过度开发,打破了大气层中 CO<sub>2</sub> 浓度的平衡,导致了多余的 CO<sub>2</sub> 滞留在大气层中,从而引起全球气候变化。甲烷、NO 和氯氟碳等气体虽然在大气中的含量甚微,但少量的这些物质就可以使地球温度升高许多。

全球变暖对地球最直接的影响是:冰川融化、海平面上升、沿海的许多城市被淹。此外,全球变暖也会引起气候变化,出现旱涝灾害、病虫害加剧、农业减产、植被破坏、水资源分布不均、人类健康受到影响等(图 4-39)。

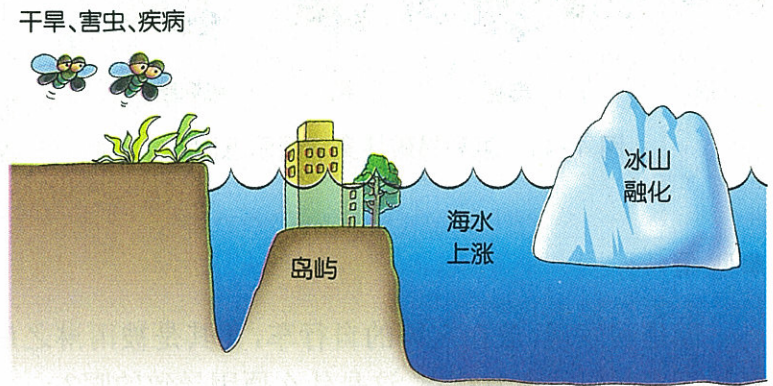


图 4-39 气候变化产生的后果

## ● 臭氧“空洞”

距离地面 20~30 km 的天空中有一层由臭氧层组成的平流层,它能够有效地阻挡来自太阳紫外线的侵袭,使得地球上的一切生命免受伤害。

1985 年英国科学家发现,南极上空的一片臭氧层正在变薄,形成了一个“空洞”(图 4-40)。考察的结果表明,南极臭氧空洞自 1979 年以来一直在扩大。进一步的研究和观

测还发现，臭氧层的损耗不只发生在南极，在北极上空和其他中纬度地区也出现了不同程度的臭氧层损耗现象。

对于臭氧层破坏的原因有多种见解，但是，多数科学家公认，人类过多使用氟利昂是臭氧层破坏的一个主要因素。氟利昂是非常难分解的物质，一旦出现，经过 10 年的时间就可到达平流层。在紫外线的作用下，氟利昂被破坏，形成较为活跃的氯原子。一个氯原子可以相继破坏成千上万个臭氧分子，因而造成臭氧层中的臭氧分子不断减少(图 4-41)。除氟利昂外，人们还了解到，不含氟的某些物质如四氯化碳、三氯乙烯、三氯甲烷等都可以破坏臭氧层。

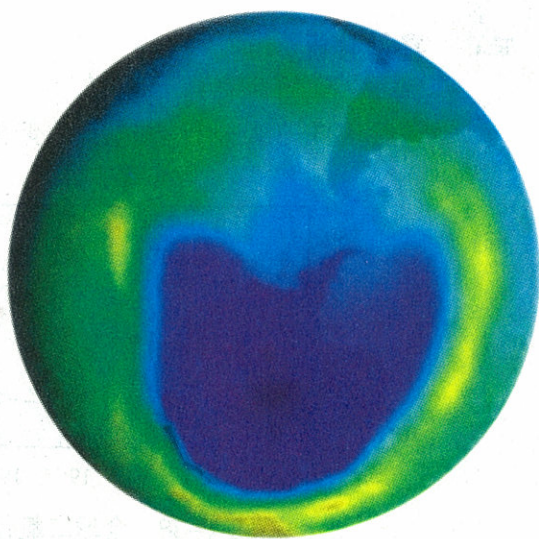


图 4-40 南极臭氧空洞

臭氧层的破坏，导致到达地球表面的紫外线强度明显增加，给人类健康和生态环境带来严重的危害。长期接受这种超量紫外线照射，皮肤癌和白内障发病率增高。目前，科学家正在研究由此而导致的其他疾病的影响程度。另外，过量的紫外线对自然界的动植物也有不同程度的潜在影响。比如，已有足够的证据证实，天然浮游植物群落与臭氧层的变化直接相关，臭氧层变薄、紫外线辐射增加，导致浮游植物数量下降。

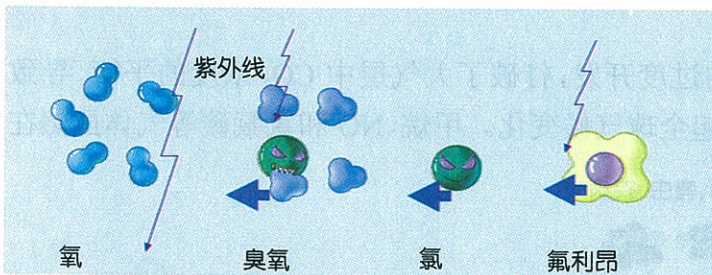
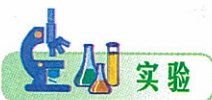


图 4-41 氟利昂破坏臭氧层示意图

为减少氟利昂排放，人们已经研制出了氟利昂替代品来作为制冷设备的制冷剂。

## ● 酸雨

你是否发现，放在室外的自行车，尤其是被雨淋之后锈得特别快？仔细观察，也许你会发现更多类似的现象存在，这是什么原因导致的呢？



### 大气降水酸度的简易测试

#### 活动目标

1. 描述当地降水的 pH 大小及酸雨污染程度。
2. 尝试大气降水酸度的简易测试。

### 材料用具

精密 pH 试纸, 聚乙烯塑料桶(上口直径和高均为 20 cm 左右), 烧杯等。

### 方法步骤

1. 将塑料桶用清水冲洗干净, 自然晾干。
2. 降雨(雪)时, 将准备好的塑料桶放到室外开阔地接取雨水(雪), 避开污染源。
3. 每隔 10 min, 用烧杯取雨水(或雪)少许, 立即用 pH 试纸测降水(雪)的 pH, 等间隔监测 5~6 次或更长时间。
4. 记录实验结果, 并绘制降雨(雪)pH 变化曲线。

### 总结与讨论

根据实验结果, 分析当地降水是否属于酸性降水, 降水的 pH 最低是多大? 呈现什么样的变化趋势?

所谓酸雨(acid rain)是指因空气污染而造成的酸性降水。通常情况下, 洁净的雨水中溶入了  $\text{CO}_2$ , 当达到饱和时, 其 pH 为 5.65 (25℃), 因此, 把 pH 5.6 定为降水的天然酸度, 并将其作为降水是否为酸雨的判别标准。当降水的 pH 低于 5.6 时, 降水即为酸雨。

自 20 世纪 30 年代以来, 科学家发现许多地区出现了酸性降水, 进一步研究确认, 这种比正常雨水酸性大的降水, 主要是由大气中的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  (氮氧化物) 等引起的。当煤和石油燃烧时, 产生的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  在大气中与水蒸气反应会形成酸性溶液, 并随雨雪、冰雹等降回到地面即形成了酸雨(图 4-42)。研究表明, 某地排放的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  能通过空气流动长距离输送, 因此, 酸雨是一个没有边界和国界的世界性环境污染问题。

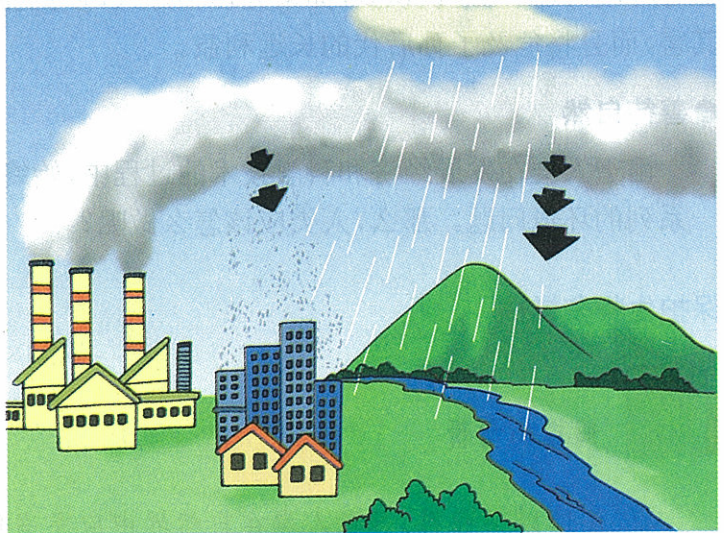


图 4-42 酸雨形成过程示意图

目前, 我国酸雨正呈蔓延之势, 是继欧洲、北美之后世界第三大重酸雨区, 也是亚洲最大的酸雨地区。20 世纪 80 年代, 我国酸雨主要发生在重庆、贵阳和柳州等地区, 酸雨区面积约为  $1.7 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。到 90 年代中期, 酸雨逐渐扩延到其他地区, 酸雨面积扩大了 100 多万  $\text{km}^2$ 。以长沙、赣州、南昌、怀化为代表的华中酸雨区现已成为全国酸雨污染最严重的地区, 其中心区年降酸雨频率高于 90%, 几乎到了逢雨必酸的程度。以南京、上海、杭州、福州、青岛和厦门为代表的华东沿海地区也成为我国主要的酸雨区。华北、东北的局部地区也出现了酸性降



水。现在,酸雨在我国的覆盖面积已占国土面积的 30%以上。

酸雨的危害是多方面的,如破坏植物叶片表面组织结构,诱发病虫害暴发,使大片森林衰亡(图 4-43);使河流、湖泊等水体酸化,抑制水生生物繁殖和生长,导致水生生态系统紊乱;使土壤酸化,导致土壤营养元素流失,降低土壤肥力,同时,使有毒重金属淋洗,进入地表或地下水系统。因此,有人把酸雨比作“从天而降的软刀子”。



图 4-43 酸雨使树死亡

### 三 生态环境保护

一系列的环境问题,归根结底是自然环境对人类违背自然规律的惩罚。面临日益严峻的生存环境,人类已经认识到,如果处理不好人口与资源、发展与环境的关系,不仅当代人蒙受其害,而且将危及子孙后代的长远利益。

#### ● 善待自然

由于人类在发展经济和科学技术的过程中,始终将自己作为大自然的主宰,从而导致了一系列的环境问题。那么,人类应该怎么做呢?

#### 保护生物多样性



#### 阅读与分析

阅读以下资料,思考人类在自然界中应充当什么角色?人与其他生物应该怎样相处?

20世纪50年代,在婆罗洲许多达雅克人身患疟疾,世界卫生组织采取了喷洒 DDT 杀死蚊子的方法加以解决。蚊子死了,疟疾也得到了控制。可是没过多久,其他问题出现了:由于 DDT 同时还杀死了小黄蜂,这种黄蜂是毛虫的天敌,而毛虫专吃屋顶的茅草。小黄蜂死了,毛虫没了天敌,开始肆意繁殖,当地居民的屋顶纷纷倒塌。与此同时,DDT 毒死的虫子成为壁虎的美餐,壁虎又被猫吃掉,猫也中毒而死。猫的数量减少又导致老鼠大量繁殖起来,从而使当地面临大规模暴发斑疹伤寒和森林鼠疫的危险。在此情况下,世界卫生组织被迫向婆罗洲空降了 1.4 万只活猫,因此,英国皇家空军就执行了一次奇特的任务——“降猫行动”。

从生态价值方面看,地球上的所有生物物种都是平等的,每一物种都是千百万年进化的产物,并对人类具有非常重要的现实价值或潜在价值。而人类却有意或无意地破坏了生态环境的自然法则,并使生物物种以前所未有的速度减少或灭绝。目前,全球大约有 1 100 多种哺乳动物和 1 000 多种鸟类濒临灭绝(图 4-44)。物种的减少使生物多样性降低,并对人类自身的生存和发展构成巨大威胁。因此,保护生物多样性就是保护人类自己。

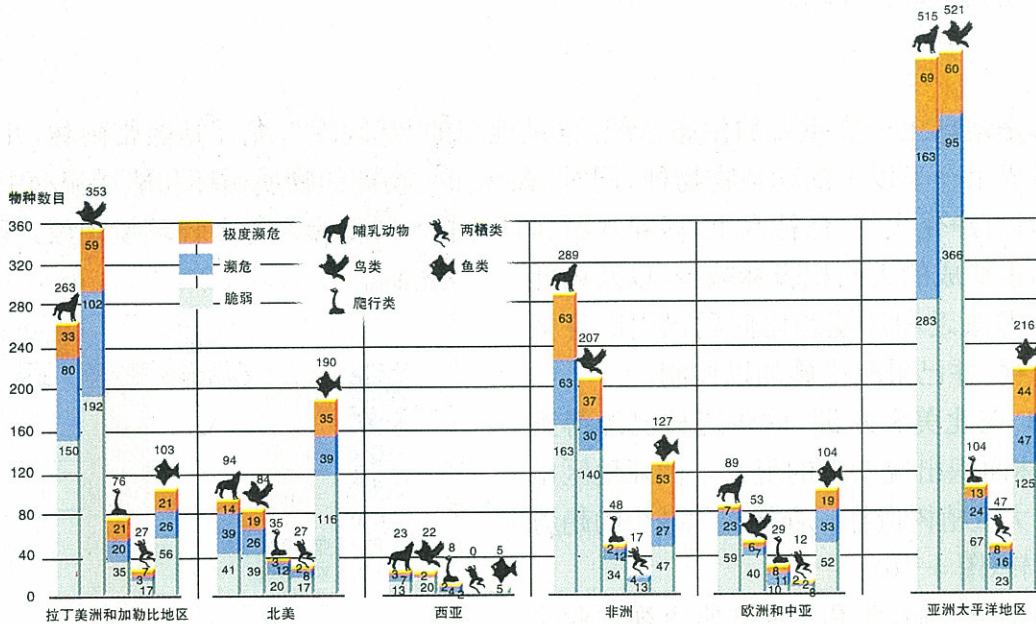


图 4-44 全球受到威胁的动物种类

人与自然和谐共处是保护生物多样性的最有效措施。对于珍稀物种和濒危物种,主要通过就地保护和迁地保护两种途径加以保护。就地保护 (on-site preservation) 是指通过建立自然保护区,在野生动植物的栖息地对物种和生物群落实施有效的保护,使已经遭受破坏的生物物种得到恢复,这种措施能够有效地保护生物物种的自然属性。迁地保护 (off-site preservation) 也称为易地保护,是将生物多样性的组成成分,从其原来的栖息地迁移到条件良好的人工环境中,或易地进行有效保护的一种方式。迁地保护可以建立起能够自我维持的人工种群,在适宜情况下再放归自然中(图 4-45)。对于一些野生种群数量太少,或适合其生存的自然栖息地已经被破坏殆尽的濒危物种,迁地保护是最好的或唯一的选择。

始建于 1872 年的美国黄石公园,是世界上建立的第一个自然保护区,也给世界野生动植物保护工作开创了先例。1992 年联



图 4-45 麋鹿在江苏大丰国家级自然保护区被放归大自然

联合国通过的《生物多样性公约》，对世界范围的生物多样性保护工作起到了积极的推动作用，目前，世界各地共有 10 万多个各种类型的自然保护区。

我国从 1956 年开始在全国建立自然保护区，虽起步较晚，但发展较快。截至 2002 年年底，全国自然保护区已达 1 757 个，总面积占全国国土面积的 13.2%。其中，国家级自然保护区有 188 个。另外，我国还建立了多个珍稀濒危动植物繁育中心和保护基地，已有 60 多种濒危野生动物人工繁育成功。

### 保护森林

森林是地球上类重要的生态系统，也是地球的“基因库”，尤其是热带雨林，几乎保存着现今世界上半以上的动植物物种。同时，森林在生物圈的物质循环和能量流动中起着重要作用，具有净化大气、保持水土、涵养水源、防风固沙、降低噪声等多种环境功效。现在，由于人为因素造成的大面积森林减少，以及由此导致的资源匮乏和环境恶化问题已引起许多国家的重视，并已采取措施加以控制。

例如，在北美和欧洲，砍伐森林已经得到控制，森林面积出现增多的现象。西亚地区由于进行了大量植树造林，森林面积减少的趋势已经被扭转(图 4-46)。

新中国成立后，党和政府非常重视林业建设，并大力号召全国人民植树造林，绿化祖国。经过近 60 年的努力，我国的森林覆盖率已由新中国成立初期的 8.6% 上升到 2008 年的 20.36%。为更好地保护森林，我国 1984 年颁布了《中华人民共和国森林法》，国家对森林资源实行了采伐限额管理，实现了对森林资源的持续利用。同时，为改善生态环境，从 1978 年开始，我国在东北西部、华北北部和西北地区大力进行“三北”防护林体系工程建设(图 4-47)。

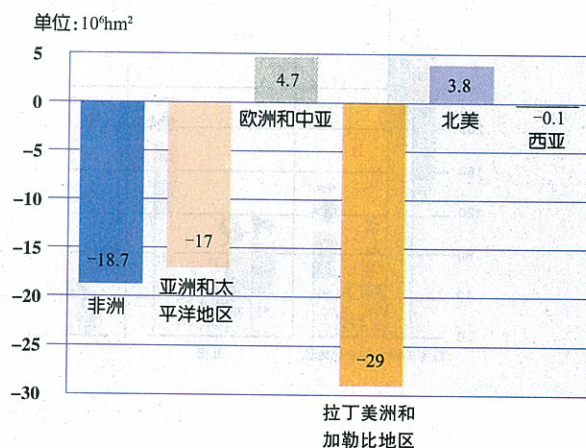


图 4-46 1990—1995 年世界森林面积变化



图 4-47 “三北”防护林

近 20 多年来，我国又相继开始兴建长江防护林、沿海防护林、平原农田防护林网、太行山绿化工程等生态工程，并取得了明显的生态效益。

毁林容易造林难。我们每一个人都应该从我做起，热爱一草一木，积极参加植树造林活动，用自己的行动为祖国大地添绿，为保护地球家园出力。

## 保护海洋

海洋占地球面积的 70% 左右，是地球上重要的生态系统。随着科学技术的发展及对海洋认知水平的提高，人类逐渐加大了对海洋资源的开发利用。同时，海洋也变成了人类的聚宝盆、垃圾场和污水坑，其生态环境令人担忧。如：逐年增加的渔业捕捞（图 4-48），使海洋生物资源丰富度锐减；大量向海域排放各类污染物，使近海水体污染日趋严重，

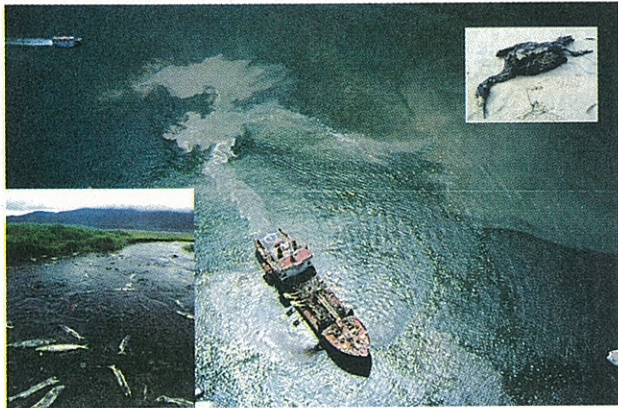


图 4-49 海洋污染导致鱼类和海鸟死亡

不断发生赤潮及死鱼现象；而一些深海排污行为，海上石油开采及石油泄漏（图 4-49），疯狂掠取海底珊瑚礁资源等，对海洋生态环境均造成了严重破坏。

20 世纪 50 年代初期，人们开始认识到保护海洋环境的重要意义。1954 年联合国制定了防止石油污染海洋的国际公约，1974 年签署了禁止向海洋倾倒废物和禁止在海洋上燃烧垃圾的《伦敦·倾倒条约》，1982 年又制定了《联合国海洋法公约》等。目前，世界上大多数沿海国家和地区，大多组建了保护海洋环境的责任网。

我国从 1995 年开始，在东海、黄海、渤海海域实行全面伏季休渔制度，1999 年又将休渔制度扩大到南海海域。每年经过 2~3 个月的禁渔期，有效地保护了以带鱼、鲅鱼、鲳鱼、黄鱼等为主的海洋鱼类幼鱼，不仅使海洋渔业资源得到休养生息，而且对保护海洋生态环境具有明显的效果。

### ● 环境污染的防治

早在 13 世纪初，人类就有了防治污染的环境意识。工业革命之后，随着工业的发展及各种环境问题的不断出现，环境污染逐渐受到各国政府及民间环保组织的重视，治理污染也就成为各国保护环境的重要任务。

新中国成立以后，我国政府积极参与国际之间的环境保护技术协作，并采取有效措施防治环境污染。到目前，我国相继颁布了《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污

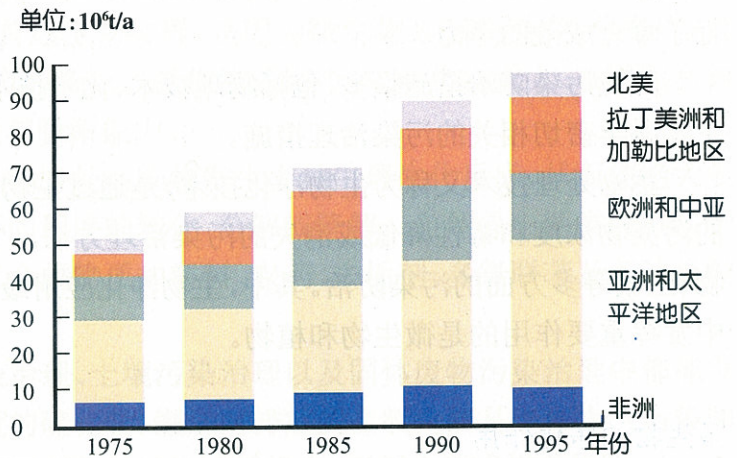


图 4-48 全球海洋鱼类捕捞量

护海洋环境的责任网。

“伏季休渔”就是在每年的 6~8 月鱼虾繁衍生息期间停止捕捞，为它们的繁殖、成长营造一个“休养生息”的环境，使已经遭到破坏的渔业资源有机会得到恢复。



### 小资料

“伏季休渔”就是在每年的 6~8 月鱼虾繁衍生息期间停止捕捞，为它们的繁殖、成长营造一个“休养生息”的环境，使已经遭到破坏的渔业资源有机会得到恢复。

染防治法》《中华人民共和国大气污染防治法》等一系列法律、法规,为控制我国环境污染进行了卓有成效的努力。

环境污染防治措施很多,包括物理技术、化学技术和生物技术。其中生物处理技术是与生物科学密切相关的污染治理措施。

生物处理技术又称为生物净化技术,是通过生物体的吸收、分解、转化等作用,使环境中的污染物浓度和毒性降低或消失的污染治理方法。它广泛应用于大气、水、噪声、固体废弃物、土壤等多方面的污染防治。其中,生物净化应用最普遍的领域是水污染治理,在生物净化中发挥重要作用的是微生物和植物。

## 微生物的净化作用



### 调查

## 调查污水处理方法

### 活动目标

简述当地城市污水处理或工业废水处理的基本工艺和处理流程。

### 方法步骤

1. 选择一个城市污水处理厂或者一家制药(或食品制造、化工、印染等)企业作为调查对象。
2. 调查废水处理过程主要包括哪几个步骤?哪些步骤是核心的处理工艺?
3. 仔细观察每个处理工艺的进、出口水质,比较哪个处理工艺的进出口水质变化最大?

### 总结与讨论

1. 汇总调查到的污水处理工艺类型,分析污水处理的关键过程和工艺,并简述作用机理。
2. 你能设计一个日常生活污水的简易处理装置吗?

城市污水和工业废水绝大多数采用微生物处理技术。一般情况下,污水处理要经过厌氧处理和好氧处理两个步骤。厌氧处理过程不需要通入新鲜空气,通过水中厌氧微生物的分解作用,将有机大分子物质降解成有机小分子。通常情况下厌氧处理会有甲烷气体产生,并可以再利用。好氧处理过程需要向水中通入大量的新鲜空气,以满足好氧微生物氧化分解有机物的需要(图 4-50)。



图 4-50 城市污水处理厂的好氧处理池

处理后污水经过沉淀,达到国家排放标准要求后,排入江河湖泊或再用于工农业生产。

将微生物作为环境污染治理中的首选生物类群,是因为微生物具有种类多、分布广、繁殖快、生存能力强、净化效率高等多种有利特点。微生物还因个体小、生物量大、表面积和体积比特别大,对污染物具有很强的吸收与吸附能力。

环境微生物通过物质和能量代谢活动,使污染物发生多种生理生化反应,从而使绝大多数污染物,特别是有机类污染物发生不同程度的转化、分解或降解。自然界中糖类、脂质、蛋白质等容易被微生物分解,而一些人工合成物质如塑料、农药、去垢剂、多氯联苯及石油烃类物质则不易或不能被微生物分解。

除了废水治理,微生物在大气污染治理、土壤污染治理以及固体废物污染治理中都能发挥重要作用。例如,煤炭中含有一定量的硫化物,燃烧时排放的二氧化硫是造成大气污染和形成酸雨的主要因素,利用脱硫菌治理既可降低污染治理投资,又不会造成煤粉损失。

### 植物的净化作用

植物的净化作用主要表现为:能够吸收大气中的有害气体,降低空气中污染物的浓度,净化空气质量;能够阻滞和吸附空气中的尘埃和放射性物质,减轻大气中的粉尘污染和放射性污染;能够分泌一些抗生素、杀菌素等物质,杀灭空气中的病原微生物。因此,植物又被人们称为天然的空气清新器、吸尘器和灭菌器。此外,植物还能够防风固沙,降低水土流失;一定宽度的林带对噪声具有衰减作用,可降低噪声污染。

利用植物治理污染的事例非常普遍。例如,在受到重金属污染的土壤中种植具有特殊耐性和富集能力的植物,可以迅速将大量的污染物吸收和富集到植物体中并运输到植物上部,通过收获植物,焚烧后回收重金属,



图 4-51 夜来香

从而降低土壤或水体中重金属的含量,实现治理目标。在工厂院内及厂区四周,选择性地种植一些树木,不仅能减轻大气污染,而且能降低工厂噪声对周围环境的影响。

家庭养花既能美化居室环境,又能净化室内空气,如虎尾兰、鸭跖草、常春藤、吊兰、芦荟等能吸收甲醛;常春藤、菊花、铁树等可吸收苯;茉莉、丁香等可挥发芳香气体,杀死病菌。但并不是所有植物都适合在室内种植。研究表明,一些植物如凤仙花、铁海棠、银边翠等含有致癌物质,能诱发细胞癌变;还有一些植物会散发出一些不利健康的气味(如一品红和五色梅等)或香味过于浓烈(如夜来香,图 4-51),从而对人体



#### 小资料

1 hm<sup>2</sup> 柳杉林每月可以吸收空气中的二氧化硫 60 kg; 1 hm<sup>2</sup> 阔叶林每天可以吸收 1 000 kg 的二氧化碳; 1 hm<sup>2</sup> 云杉林每年可吸滞空气中的粉尘 2 130 kg; 1 hm<sup>2</sup> 松林每年可吸滞空气中的粉尘 2 400 kg; 1 hm<sup>2</sup> 松柏林一昼夜能分泌 30 kg 杀菌素,可杀死病菌和病毒; 30 m 宽的林带能够降低噪声 10~15 dB。

健康不利。因此,我们在进行居室绿化美化时,一定要正确选择植物种类。

如今,保护森林,保护绿色植被,已引起了全世界的重视。我国的“三北”防护林、长江中上游生态林和沿海防护林建设,取得了举世公认的辉煌成果。“植树节”的确立和全民义务植树活动的开展,为植树造林、营造绿色,起到了极大的推进作用。

植树造林,栽花种草,既是一种美德,又是改善生态环境的需要,我们每一个公民都要积极参与植树造林,要全身心地保护绿色环境。

## ● 拯救地球是全世界人民的重任



一个公共牧场,有若干牧民在放牧,每个牧民都有两种选择:一种是大家合作,有意识地控制各自的牲畜头数,使之与牧场的承载力相适应;另一种是尽可能多地增加自己拥有的牲畜头数,以获得最大利益。这两种选择分别会导致什么样的结果?为什么?

地球是一个整体,一个区域的环境污染和生态破坏,最终将导致全球性的环境问题。因此,世界各国及各个地区的人们必须携起手来,在生存观和发展观上进行一次深刻变革,即把人类赖以生存和发展的资源、环境以及资本和技术等诸方面要素整合起来,寻求并建立一种可持续性生存和发展的新战略。

中国作为世界上最大的发展中国家,在国际环境舞台上扮演着重要角色。到目前为止,我国已缔约或签署了 50 多项国际环境公约。1994 年,我国颁布了《中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》(图 4-52),标志着中国可持续发展战略的正式确立,它从我国人口、环境与发展的具体国情出发,提出促进经济、社会资源和环境相互协调和可持续发展的总体战略、对策和行动方案。

虽然我国已颁布一系列环境保护法律和法规,但单靠这些还远远不够,强制手段只能是暂时的,最关键的是要“从我做起”,大家都来关心环境问题,形成自觉地保护环境意识。在日常生活中,人人都养成节约用电、节约用水、减少浪费的良好习惯,大力倡导低碳生活、绿色消费,营造一个保护环境的氛围,才能使自然环境免遭破坏,人与自然和谐相处,地球家园持续发展。



图 4-52 中国 21 世纪议程



### 小资料

1972年6月5日至16日,人类历史上第一次全世界范围内研究保护人类环境的会议在瑞典斯德哥尔摩举行。会议讨论了当代世界的环境问题并通过了《人类环境宣言》。这是世界环境保护运动史上一个重要的里程碑,标志着全人类对环境问题的觉醒。为了纪念该次会议召开,联合国特将6月5日定为“世界环境日”。此后,全球环境保护运动掀起高潮,世界组织和各国政府努力健全环境保护的法律、法规,以有效地约束和规范人类的环境行为。

1992年6月3日至14日,联合国在巴西组织召开了第二次联合国环境与发展大会,共签署了5个主要公约:《21世纪议程》《气候变化公约》《生物多样性公约》《里约宣言》和《森林公约》。

《21世纪议程》标志着人类可持续发展观的确立。此后,环境与发展问题成为全球关注的热点,各国政府不仅接受了可持续发展观,而且相继制定出了适合本国国情的可持续发展战略。



### 自我检测

1. 为什么说森林资源是可再生资源? 试举2~3种可再生资源的实例,并谈谈你对可再生资源利用方式的见解。
2. 引起水污染的主要因素有哪些? 怎样防治水污染? 你能做些什么?
3. 野生动物与家养动物有什么区别? 为什么我们不当吃野生动物? 是由于遵守《野生动物保护法》,还是由于道德约束,或由于保护自己健康的原因? 还是以上原因都有?



### 课外实践

调查当地的主要生态环境问题,分析产生这些问题的主要原因,根据所学知识,提出治理对策。



### 开阔眼界

#### 循环经济

地球是一个自给自足的生态系统。它在太阳能的推动下,不需要补给什么东西,也没有多余的废物。现在有人把这一生态学观念应用于人类社会的经济模式,即:人类按照生态学原理建造一个自给自足、不产生污染的封闭的经济或生产体系,使其内部具有极完善的物质循环和更新的性能。也就是说,一种产品排放的废物,可作为下一种产品的原料,依次循环利用,即构成所谓的循环经济链。随着资源的日趋减少,发展无废技术已成为许多国家消除环境污染、节约资源、保护和改善环境的一项重要任务。从某种意义上说,自然无废物。如炼钢厂的钢渣,对钢厂来说是废渣,但对水泥厂来说是一种上好的原料。再如火力发电厂排放出来的粉煤灰,含有铅、汞、砷等有害元素,如果大量堆积会污染环境,但可用它来生产水泥、烧结砖、粉煤灰砌块等,实现废物资源化,从而可取得环境效益和经济效益。因此,从根本上说,环境污染是资源、能源的浪费造成的。发展无废技术,实现物尽其用,资源套用,是改善环境的需要,也是经济建设的需要。这样,可以把污染消灭在生产过程中,达到保护环境、造福人类的目的。



## 本章小结

节次	重要概念	重要术语
<p>第1节 生态系统是一个相对稳定的系统</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 生态系统是由生物及其环境组成的相互作用、相互联系、具有特定功能的整体。生态系统的成分包括非生物成分和生物成分，生物成分分为生产者、消费者和分解者三个类群。能量流动、物质循环和信息传递是生态系统的三大功能。</li> <li>● 生态系统中的各种生物之间都存在着直接或间接的联系。生产者所固定的能量通过一系列的取食与被取食的过程，在生态系统的生物之间的传递关系就称为食物链；食物链彼此交错连接而成的复杂营养关系就称为食物网。食物网中各种生物处于不同的环节，构成了不同的营养级。</li> <li>● 生态系统中几乎所有能量都来自太阳能，通过绿色植物的光合作用，把二氧化碳和水合成为有机物，同时将光能转化为化学能储存起来，能量通过食物链，由一个营养级向下一个营养级传递，最终所有的能量都以热能的形式散发到环境中。生态系统的能量流动是单向的、逐级递减的。</li> <li>● 生态系统的物质循环主要包括水循环、碳循环和氮循环等。物质循环与能量流动是生态系统的两大主要功能，二者同时进行，相互依存，是一个不可分割的整体。</li> <li>● 生态系统中的各种成分之间还存在着错综复杂的信息传递，以维持系统的正常功能。生态系统中信息的类型包括物理信息、化学信息与行为信息。</li> <li>● 由于生态系统是一个开放的系统，它必然受到各种因素的干扰，使其结构和功能发生变化，因此，生态系统的稳定性是相对的，生物多样性是影响生态系统稳定的重要因素，提高生物多样性是增强生态系统自我调节能力的重要措施。</li> <li>● 生物圈是地球上最大的生态系统，人是生物圈中特殊的成员。由于人口的不断增长和人类社会的飞速发展，人类活动对整个生物圈的影响已导致一系列环境问题的产生。</li> </ul>	<p>生态系统 生产者 消费者 分解者 食物链 食物网 营养级 林德曼效率 能量金字塔 物理信息 化学信息 行为信息 抵抗力稳定性 恢复力稳定性 生物圈</p>
<p>第2节 人与环境的可持续发展</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 人类社会的发展不仅带来了资源短缺的问题，还带来了生态破坏、环境污染等问题。</li> <li>● 全球性的环境问题主要气候变暖、臭氧“空洞”、酸雨等。</li> <li>● 当前，人们已经意识到了保护环境的重要意义，并采取各种措施防治污染。其中生物技术防治污染是改善生态环境质量的根本措施，广泛应用在污水处理、大气污染和土壤污染治理以及固体废弃物治理等方面。</li> <li>● 人类只有一个地球，地球是我们唯一的家园。只有从自己做起，树立良好的生态环境意识和健康的消费意识，保持人与自然和谐相处，人类社会才能持续发展。</li> </ul>	<p>不可再生资源 可再生资源</p>

靶细胞	target cell
白细胞介素 II	interleukin II
保幼激素	juvenile hormone
变态反应	allergy
变应原	allergen
补体	complement
不可再生资源	nonrenewable resource
超敏反应	hypersensitivity
出生率	birth rate
初级演替	primary succession
次级演替	secondary succession
刺激	stimulus
大气污染	air pollution
抵抗力稳定性	resistant stability
第二信使	second messenger
第一信使	first messenger
顶级群落	climax community
发热	fever
反馈调节	feedback regulation
反射	reflex
反射弧	reflex arc
反应	response
非特异性免疫应答	non-specific immune response
分解者	reducer
负反馈	negative feedback
副交感神经	parasympathetic nervous
感受器	receptor
根瘤	nodule
骨髓依赖性淋巴细胞	bone-marrow dependent lymphocyte
固氮	nitrogen fixation
环境容纳量	carrying capacity
环境问题	environmental problem
环境污染	pollution
恢复力稳定性	resilient stability
获得性免疫缺陷综合征	acquired immunodeficiency syndrome
激素	hormone

脊髓	spinal cord
记忆	memory
交感神经	sympathetic nervous
就地保护	on-site preservation
抗利尿激素	antidiuretic hormone
可再生资源	renewable resource
林德曼效率	Lindemann's efficiency
淋巴液	lymph
盲点	blind spot
免疫球蛋白	immunoglobulin
免疫缺陷病	immunodeficiency disease
内环境	internal environment
内激素	internal hormone
脑	brain
脑激素	brain hormone
能量金字塔	energy pyramid
迁地保护	off-site preservation
醛固酮	aldosterone
群落	community
人类免疫缺陷病毒	human immunodeficiency virus
肉食动物	carnivore
神经系统	nervous system
肾上腺素	epinephrine
生产者	producer
生理性调节	physiological regulation
生态破坏	ecological disaster
生态位	ecological niche
生态系统	ecosystem
生物圈	biosphere
失眠	insomnia
食物链	food chain
食物网	food web
受体	receptor
水污染	water pollution
睡眠	sleep
死亡率	death rate
酸雨	acid rain
糖尿	glycosuria
糖尿病	diabetes

特异性免疫应答	specific immune response
体温过低	hypothermia
体温过高	hyperthermia
体液	body fluid
体液免疫	humoral immunity
突触	synapse
蜕皮素	ecdysone
外激素	external hormone
稳态	homeostasis
细胞免疫	cellular immunity
细胞内液	intracellular fluid
细胞外液	extracellular fluid
现实生态位	realized niche
消费者	consumer
效应器	effector
信息	information
信息素	pheromone
行为性调节	behavioural regulation
胸腺非依赖抗原	thymus independent antigen
胸腺依赖抗原	thymus dependent antigen
胸腺依赖性淋巴细胞	thymus-dependent lymphocyte
学习	learning
血浆	plasma
演替	succession
胰岛素	insulin
胰高血糖素	glucagon
遗忘	forget
吲哚乙酸	indoleacetic acid
应激性	irritability
营养级	trophic level
优势种	dominant species
杂食动物	omnivore
正反馈	positive feedback
植食动物	herbivore
植物激素	plant hormone
植物生长调节剂	plant growth regulator
中枢神经系统	central nervous system
种群	population
种群密度	population density

周围神经系统	peripheral nervous system
主要组织相容性复合体	major histocompatibility complex
自然杀伤细胞	natural killer cell
自身免疫病	autoimmune disease
组织液	interstitial fluid

1. 《挑战疾病》 胡大一 周鹏著 河北少年儿童出版社 1999年
2. 《如何战胜疾病》 章静波著 北京少年儿童出版社 北京教育出版社 2002年
3. 《大脑黑匣揭秘》 陈宜张著 北京少年儿童出版社 北京教育出版社 2002年
4. 《人脑:自然科学的最后堡垒》 崔庚寅等著 河北科学技术出版社 2003年
5. 《科学探索者(人体生理卫生)》 顾维颖等译 浙江教育出版社 2003年
6. 《植物生长调节剂的应用》(第二版) 杨文钰等著 四川科技出版社 1998年
7. 《植物生长调节剂的施用方法》 王三根著 金盾出版社 2003年
8. 《迷人的生存科学——生态学》 吴鼎福著 江苏科技出版社 1988年
9. 《科学探索者(环境科学)》 浙江教育出版社 2002年
10. 《普通生态学》 尚玉昌著 北京大学出版社 2002年
11. 《基础生命科学》 吴庆余著 高等教育出版社 2002年
12. 《行为生态学》 尚玉昌著 北京大学出版社 1998年
13. 《生态系统生态学》 蔡晓明著 科学出版社 2000年
14. 《可持续发展简论》 刘青松主编 中国环境科学出版社 2003年
15. 《保护人类共同的家园——地球》 王宁主编 化学工业出版社 2003年

## 后 记

新世纪之初,我国积极开展了新中国成立以来的第八次基础教育课程改革。我们根据国家《基础教育课程改革纲要(试行)》的精神以及普通高中《生物课程标准(实验)》的要求,编写了这套符合现代课程理念和我国实际情况、体现改革精神、有利于促进学生自主学习和终身发展、有利于培养学生科学素质的高级中学课程标准《生物学》实验教科书。

本套教科书由刘植义和付尊英主编,参加编写的有(以姓氏笔画为序):万五星、白文忠、付尊英、张灵芝、崔庚寅。参与讨论的有尹惠芳、边艳青、石振华、李冰、李红敏、朱正歌、陆强、周予新、赵宝华、党凤良、葛荣朝、赫子瑞、潘紫千等。

在教材编写过程中,许多教育界的前辈和各学科专家、学者以及第一线的教师们给予了热情的帮助。在本套教科书出版之际,我们特别感谢孙大业、宋大祥两位院士的亲临指导,给我们提出许多宝贵的意见和建议;我们诚挚地感谢叶佩珉、项伯衡、邱兆祉、刘广发、余自强、刘毓森、赵占良、王真真、谭永平、罗耀武、郑春和、封建业、张玉海、张彦慧、谭秋霞、姚红、翟丽光、刘彤、夏少君、封荣信等对这套教材提供过帮助和支持的所有专家、学者和教师。

本套教科书经全国中小学教材审定委员会2004年初审通过。希望广大师生在使用过程中提出宝贵意见,以便我们进一步修改和完善。