



普通高中教科书

# 生物学

选择性必修2

生物与环境



Biology

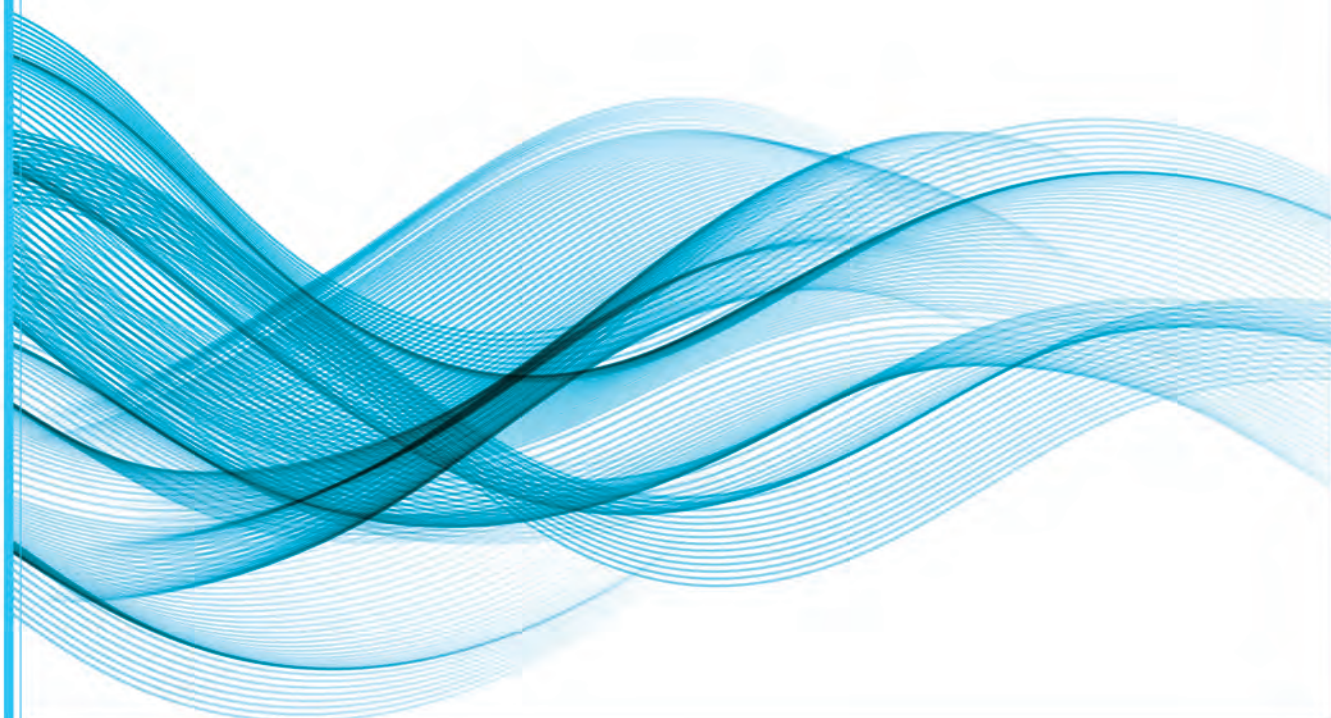
普通高中教科书

# 生物学

选择性必修2

生物与环境

主编 汪忠



书 名 普通高中教科书  
生物学 选择性必修2 生物与环境  
主 编 汪 忠  
责任编辑 李 妍  
出版发行 江苏凤凰教育出版社(南京市湖南路1号A楼 邮编210009)  
排 版 南京紫藤制版印务中心  
印 刷 江苏凤凰盐城印刷有限公司(电话:0515-88153008)  
厂 址 盐城市亭湖开发区希望大道中路70号(邮编224001)  
开 本 890毫米×1240毫米 1/16  
印 张 8.75  
版 次 2021年6月第1版  
印 次 2021年6月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5499-9383-3  
定 价 10.57元  
盗版举报 025-83658579

苏教版图书若有印装错误可向出版社联系调换

质量热线:025-83658528 025-83658526

# 目 录

绪 论 .....	1
-----------	---

## 第一章 种 群

第一节 种群的特征 .....	5
种群特征 .....	6
种群数量变化的数学模型 .....	10
◆走进实验室 探究培养液中某种酵母菌种群数量的动态 变化 .....	13
第二节 影响种群特征的生态因子 .....	17
生态因子 .....	18
水对种群特征的影响 .....	18
阳光对种群特征的影响 .....	19
温度对种群特征的影响 .....	21
土壤对种群特征的影响 .....	23
第三节 种间关系 .....	26
种间的负相互作用 .....	27
种间的正相互作用 .....	29

## 第二章 群 落

第一节 生物群落的结构 .....	36
生物群落具有水平结构和垂直结构 .....	37
◆边做边学 调查和分析池塘生物群落中某种植物的生 态位 .....	38
群落随时间而改变 .....	39

第二节 生物群落的类型 .....	43
多种多样的生物群落 .....	44
物种丰富度 .....	46
◆走进实验室 测定土壤动物的物种丰富度 .....	47
不同群落中的生物与环境相适应 .....	49
◆边做边学 搜集荒漠生物群落中生物适应环境的资料 ...	49
第三节 生物群落的演替 .....	53
群落的初生演替和次生演替 .....	54
影响群落演替的因素 .....	56

## 第三章

## 生态系统

第一节 生态系统的结构 .....	63
生物与环境构成生态系统 .....	64
◆边做边学 调查和分析一个生态系统 .....	65
生物圈是最大的生态系统 .....	66
生态系统的营养结构——食物链和食物网 .....	69
特定生态系统的生物与非生物因素决定其营养结构 .....	71
第二节 生态系统的能量流动 .....	76
生态系统能量流动的特点 .....	77
生态金字塔 .....	79
能量流动规律在生产中的应用 .....	80
◆边做边学 调查农田生态系统的能量流动 .....	81
第三节 生态系统的物质循环 .....	84
生态系统的物质是不断循环的 .....	85
◆边做边学 制作腐叶土 .....	86
有害物质通过食物链呈现富集现象 .....	87
第四节 生态系统的信息传递 .....	92
生态系统的信息种类 .....	93
生态系统的信息传递作用 .....	94

第五节 生态系统的稳态及维持 .....	99
生态系统的稳定性是动态的 .....	100
◆边做边学 观察不同生态瓶中生态系统的稳定性 .....	101
生态系统的稳定性依赖自我调节 .....	102
自然或人为因素影响生态系统的稳定性 .....	103

## 第四章 生态环境的保护

第一节 人口增长和人类活动影响环境 .....	111
世界人口日益增长 .....	112
人口增长和人类活动引发全球性环境问题 .....	113
◆边做边学 调查当地环境中存在的主要问题 .....	116
第二节 创造人与自然的和谐 .....	119
生物多样性影响人类的生存和可持续发展 .....	120
◆边做边学 调查生物多样性的间接价值 .....	120
生物多样性的保护措施 .....	122
◆边做边学 搜集生物多样性保护的实例 .....	122
保护生物多样性要求合理利用资源 .....	123
保护环境需要从我做起 .....	127





# 绪论

## 一、为什么要学习“生物与环境”模块？

生物包括人和各种动物、植物、微生物。“生物与环境”模块的内容是生物学的重要组成部分,是主要研究生物与其环境之间相互关系的学科。我们为什么要学习“生物与环境”模块的内容呢?

首先,人类的活动对环境产生了重大影响,环境保护已经成为全人类共同关心的问题。学习“生物与环境”模块的内容,有助于我们担当起保护环境的社会责任。

在人类社会发生日新月异变化的同时,各种环境问题也不断出现,包括气候变化异常、水资源短缺、臭氧层破坏、土地荒漠化和环境污染等,严重影响着人类的生存和可持续发展。

据新华社报道,2016年9月3日中国国家主席习近平出席了在杭州举办的气候变化《巴黎协定》批准文书交存仪式。习近平指出,签署《巴黎协定》并向联合国交存批准文书是中国政府作出的新的庄严承诺(图1)。



图1 《巴黎协定》宣传图片

《巴黎协定》的目标是通过各国共同减排,争取把全球平均气温相比工业化之前,升高幅度控制在2℃之内,到2030年全球碳排放总量控制在400亿吨,到2080年实现净零排放。

《巴黎协定》目标的实现,需要我们每一个人的努力。通过学习“生物与环境”模块,我们能形成“绿水青山就是金山银山”的环境保护理念,真正成为绿水青山的守护者。



其次,通过学习“生物与环境”模块的内容,我们能基于所学内容,积极而科学地参与个人与社会相关问题的讨论,作出理性解释和判断,积极探讨解决环境保护问题的方法。

人与自然是生命共同体,人类必须尊重自然、顺应自然、保护自然,许多生态问题仍有待我们解决。例如,社会经济发展与自然生态保护之间的矛盾等问题。通过学习“生物与环境”模块,我们就能初步具备解决环境保护问题的能力。在面对相关问题的讨论时,我们就能基于所学知识,独立地作出判断,不仅自觉地践行环境保护理念,还能主动参与保护环境的宣传教育活动,为保护生态环境作出积极贡献。

## 二、“生物与环境”模块有哪些学习内容?

我们平时也会关注到生态与环境问题,如日常生活中的垃圾分类问题、碳循环问题。解决这些问题,都需要相关的科学知识。那么,我们将在“生物与环境”模块中学习哪些内容呢?

“生物与环境”模块仅选取了生物学相关方面的最基本的知识。例如,我们会学习有关种群的特征和影响种群特征的生态因子的内容、群落的结构和类型以及群落演替的内容、生态系统的结构和类型以及生态系统自我调节作用的内容等。这将有助于我们形成“生态系统中的各种成分相互影响,共同实现系统的物质循环、能量流动和信息传递,生态系统通过自我调节保持相对稳定的状态”这一大概念(图2)。

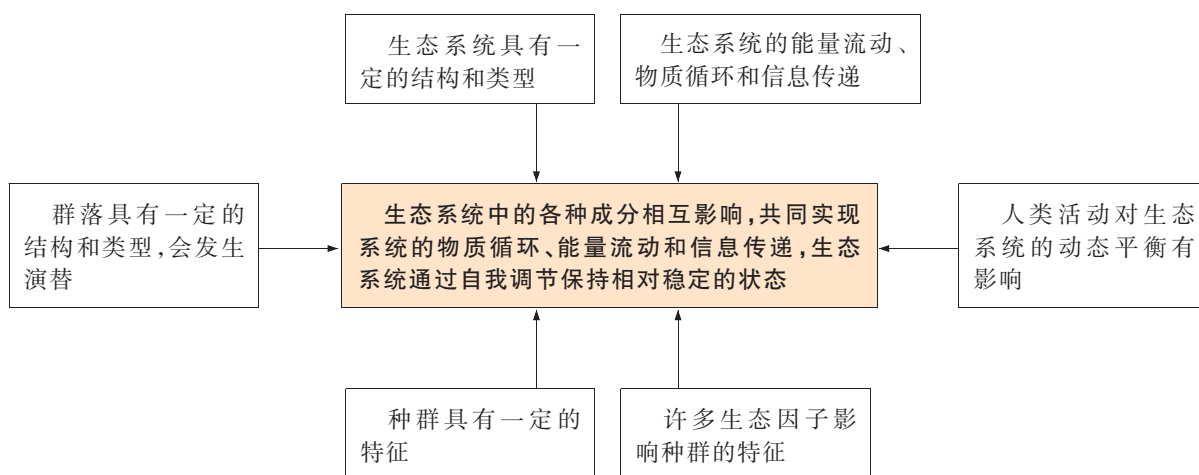


图2 “生物与环境”模块主要学习内容

学习了这些内容,我们能运用相关概念阐述生命系统(如人)与环境的关系,树立人与自然和谐相处的观念;也能分析和探讨我们的生活和生产对各种生态系统稳态维持的影响,并自觉践行绿色低碳生活方式;还能参与有关“绿水青山”就是“金山银山”社会议题的讨论,并作出自己的贡献等。

## 三、如何学习“生物与环境”模块的内容?

“生物与环境”模块要求我们重点理解“生态系统中的各种成分相互影响,共同实现系统的物质循环、能量流动和信息传递”“生态系统通过自我调节保持相对稳定的状态”这样的大概念和若干重要概念。这些内容有些我们在必修模块已经有了初步的了解,有些则可能是第一次接触。学习本模块的内容特别要注意以下几个方面。

**首先,要重视学科间的横向联系。**

自然界是一个统一的整体,自然科学中的物理学、化学、生物学等学科的思想方法、基本原理、研究内容有着密切的联系。生物学与数学及人文社会学科等也相互渗透、共同发展。在“生物与环境”模块的学习过程中,许多概念的学习与其他学科有横向联系。例如,联系物理学“能量守恒定律”,我们可以更好地理解生态系统中能量流动以及能量流动过程的特点等内容;联系物理学“散热方式”的知识,可以更好地理解仙人掌和野骆驼能适应荒漠和干旱少雨的环境等知识。再如,联系数学的相关知识,我们可以轻松地构建“种群数量变化的数学模型”,理解“物种丰富度”的知识,掌握“生物富集”的原理等。而理解这些概念将有助于我们形成“结构与功能观”“稳态与平衡观”“物质与能量观”等生命观念。

**其次,要联系身边真实的环境问题。**

在“生物与环境”模块的学习过程中,我们不仅要学习理论知识,形成生命观念,还需要联系身边真实的环境问题,解决实际问题。我们可以通过观察、动手类的实践活动,也可以通过以问题解决为特点的探究活动,分析问题和解决问题。我们在联系自己已有前概念的基础上,通过对事实的抽象和概括建立新的生物学概念,建构相应的知识框架,为在新情境下解决相关环境问题奠定基础。科学家就是通过科学探究的方法取得新成果、获取新知识的。在学习“生物与环境”模块的过程中,我们不仅要领悟生物学家在研究过程中所持有的观点、解决问题的思路和方法,而且要像科学家一样,通过提出问题、获取信息、寻找证据、检验假设和发现规律等过程,获得生物学知识,形成生命观念,养成科学思维的习惯,秉持积极的科学态度,发展终身学习的能力。

我们还应在学习“生物与环境”模块的过程中运用所学知识,参与到当地生态与环境问题的讨论中去,承担并践行保护环境从自身做起的社会责任。





一方荷塘

# 第一章

## 种群

宋朝词人李清照在《如梦令·常记溪亭日暮》中描述了她眼中一方荷塘的美景：“常记溪亭日暮，沉醉不知归路。兴尽晚回舟，误入藕花深处。争渡，争渡，惊起一滩鸥鹭。”我们对此美景可能会有自己的视角。从生物学视角看，上述一方荷塘中的这种莲组成一个种群。

那么，由这种莲组成的种群具有哪些特征呢？一个种群会有哪些变化呢？种群的变化受哪些因素的影响呢？

## 第一节 种群的特征

除气候、病害和虫害外,鼠害也对农作物产量有一定的影响。在农业生产上,消除鼠患很有必要。但为了提高经济效益,一般只有当农田鼠类数量达到一定指标时,才会采取相应的措施进行防鼠灭鼠。那么,有什么办法可以估算出一片农田中某种鼠的数量呢?



积极思维

如何模拟估算一片农田中某种鼠的数量?

事实:

1. 在估算一片农田中某种鼠的数量前,我们先开展一个模拟活动:每组准备一包黄豆(250 g),黄豆颗粒数代表这片农田中某种鼠的数量;与黄豆大小一致的红豆 50 粒,红豆代表将这种鼠捕获后,用记号标志并放回原农田中的鼠;500 mL 烧杯和培养皿各一个。

2. 将黄豆全部倒入烧杯中后,从烧杯中取出 50 粒黄豆,并将 50 粒红豆倒入烧杯中,充分搅动烧杯中的黄豆与红豆,使它们混合均匀。

3. 让被蒙着双眼的实验操作者每次从烧杯中随机抓取一粒豆子放入培养皿中。其他同学随即充分混匀烧杯中的豆子,实验操作者再随机抓取一粒豆子放入培养皿。依此方法,实验操作者连续抓取豆子 20 次(也可以更多次数)。统计实验结果,并运用数学知识估算这包黄豆的数量(图 1-1-1)。



图 1-1-1 模拟估算动物的数量

思考:

1. **估算** 运用数学方法估算出的黄豆数量与真实的数量有差异吗?

2. **推理** 如果这包黄豆代表一片农田中的某种鼠的数量,我们能否运用上述方法估算这片农田中该种鼠的总数?

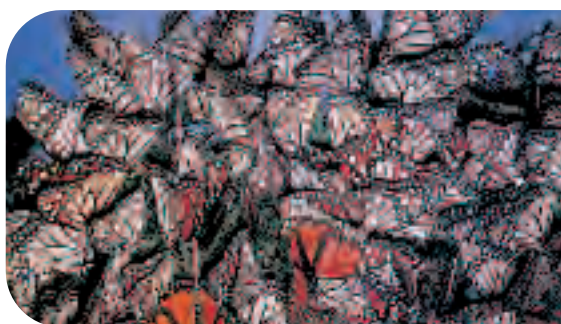
从上述模拟活动可以看出,通过数学方法可以估算出一包黄豆的数量。用这样的方法也可以估算出一个封闭的区域内某种动物的数量,即该地域中该种群的个体数量。其实,一个种群的个体数量一直处于动态变化之中,这是种群的一种特征。种群个体数量为什么会变化?种群还有哪些特征?

## 种群特征

生态学上把在特定时间占据一定空间的同种生物的所有个体的集合称为种群(population)。因此,种群不是生物个体数量的简单相加,而是由同种生物个体组成的具有整体性和统一性的群体。

### 种群密度及其常用测定方法

种群密度是种群最基本的数量特征。种群密度(population density)是指单位面积或空间内某种群的个体数量。所以,单位面积或空间内,某种群的个体数量越多,种群密度就越高;种群的个体数量越少,种群密度就越低(图 1-1-2)。



集群迁飞时的君主斑蝶种群密度很高



国家一级保护动物普氏原羚种群密度很低

图 1-1-2 特定时空内生物的种群密度

研究种群密度的变化,需要进行长期的数量统计和数据分析。例如,一些科学家对某一地域不同生境中的毛茛叶报春的种群密度进行了调查研究,获得了相应的数据(表 1-1-1)。

表 1-1-1 不同生境中的毛茛叶报春的种群密度调查研究表

种群	生活环境	海拔/m	面积/m <sup>2</sup>	种群数量/株	种群密度/(株·m <sup>-2</sup> )
1	林下溪边	1 310~1 365	50	25	0.5
2	林下溪边	420	50	215	4.3

上述种群密度的调查数据是科学家通过一株一株地计数获得的,这种方法称为直接计数法。这种方法适用于较小范围内、种群个体数量较少的情况。

在生物种群个体数量较多或面积较大的情况下,种群密度的数据需要运用一定的方法才能获得。测定种群密度常用的方法有样方法(quadrat method)和标志重捕法(mark-recapture method)。通过计算若干样方中某种生物的全部个体数,再以其平均数估算种群整体数量的方法称为样方法。样方法更适用于调查个体分布比较均匀的植物(如蒲公英)或移动能力较弱的动物(如蜗牛)的种群密度。

在采用样方法估算种群密度时，关键是要保证取样的随机性，使种群中每个个体被抽选到的机会均等，避免受到任何主观因素的干扰。样方法中常用的取样方法有五点取样法、等距取样法等(图 1-1-3)。

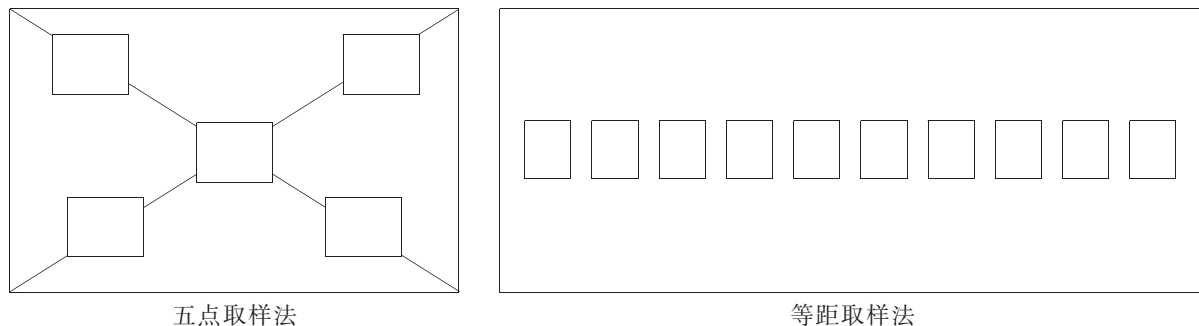


图 1-1-3 常用的取样方法示意图



## 积极思维

## 如何估算一块菠菜地里蜗牛的种群密度?

### 事实:

1. 在评估一块菠菜地受蜗牛危害的程度时，可采用样方法测定蜗牛的种群密度。在菠菜地内随机选取若干个样方(面积一般为  $1\text{ m}^2$  的正方形)，计数每个样方内的蜗牛个体，求得每个样方内的蜗牛密度，再算出所有样方内的蜗牛密度平均值，以此估算这块菠菜地中蜗牛的种群密度(图 1-1-4)。

理论上，布设的样方数量越多，测得种群密度的数值与实际偏差越小。但是，在实践中，取样的样方数量过多会增加实验实施的难度。

2. 一般根据样地的特点选择适合的取样方法。对于一块面积为  $20\text{ m} \times 30\text{ m}$  的菠菜地，采用五点取样法比较适宜。假设调查结果是 5 个样方内捕捉到的蜗牛数量分别为 18 只、20 只、19 只、21 只和 17 只。

### 思考:

1. **计算** 根据上述相关数据，估算该菠菜地里蜗牛的种群密度。

2. **分析** 随机取样时，样方的数量和面积会影响种群密度的测定值吗？



图 1-1-4 菠菜常会受到蜗牛的危害

对于移动能力较强的动物种群来说，直接计数或采用样方法统计它们的个体数量都很困难，一般采用标志重捕法计算它们的种群密度。具体方法是在调查种群所处的地域中，捕获一部分个体(数量记为  $M$ )，将这些个体标志(图 1-1-5)后放回原来的生活环境。



对鱼进行标志

标志后的蝴蝶

图 1-1-5 不同动物的标志方式示意图

一段时间后在该区域对动物进行重捕，对被重捕的动物个体数量( $n$ )进行统计，同时统计重捕动物中被标志的个体数量( $m$ )，最后就能计算出被调查动物种群的个体数量( $N$ )。计算公式如下：

$$N(\text{种群个体数量}) = \frac{n(\text{重捕个体数量})}{m(\text{重捕中被标志个体数量})} \times M(\text{被标志个体数量})$$

### 跨学科视角

如果从一片样地中捕获 20 只黄毛鼠，对它们进行标志后放回样地中；一段时间(如 48 h)后，再次从此样地中捕获 30 只黄毛鼠，发现其中有 5 只黄毛鼠被标志。

该样地中黄毛鼠的种群个体总数是多少？这种用数学方法计算出来的数量与该样地中黄毛鼠的实际数量完全一致吗？为什么？



如果标志符号发生部分脱落，则计算出来的某种鸟类种群数量和实际数量相比是偏大还是偏小？

采用标志重捕法的前提是被标志个体与未被标志个体在重捕时被捕获的概率相等。这样重捕取样中的被标志个体所占比率与样地个体总数中的被标志个体比率就相等，通过计算才能得出种群的个体数量。在采用标志重捕法时，要注意以下几个方面：标志物和标志方法不能影响被标志动物的正常活动，也不能导致它们产生疾病或被感染等；标志符号必须能够维持一定的时间，至少在调查期间不能消失；标志符号也不能过分醒目，否则被标志动物可能容易受到捕食者的攻击。标志重捕法的应用比较广泛，可用于对哺乳类、鸟类、爬行类、两栖类、鱼类和昆虫的种群密度或数量的调查。

## 种群的主要特征

种群是由个体组成的，但是种群的特征和个体的特征并不完全相同。种群特征除种群密度外，还主要包括出生率(natality)和死亡率(mortality)、迁入率和迁出率、年龄结构、性别比例(sex ratio)。种群的这些特征都是一个种群的群体性特征，是种群中的每个个体所不具有的。

出生率和死亡率是决定种群数量变化的主要因素。出生率是指某一个种群在单位时间内产生的新个体数占个体总数的比率。一个种群的出生率代表了该种群产生新个体的能力。死亡率是指某一个种群在单位时间内死亡的个体数占个体总数的比率。当种群的出生率超过死亡率时，种群的数量会增加；当种群的出生率低于死亡率时，种群的数量会减少；当种群的出生率接近死亡率时，种群的数量会保持相对稳定。可见，出生率和死亡率与种群数量的变动密切相关。

种群中个体的迁入(immigration)或迁出(emigration)也决定了种群数量的变化。通常把单位时间内迁入某种群个体数占该种群个体总数的比率称为迁入率，把单位时间内迁出某种群的个体数占该种群个体总数的比率称为迁出率。由于受到个体迁入或迁出的影响，许多生物种群都存在数量变化的现象。例如，一个地区每年春天或秋天家燕的种群数量会增加或减少，主要就是由家燕从其他地区迁入或从该地区迁出造成的。

种群的年龄结构是指一个种群中各年龄段的个体数占整个种群个体总数的百分比。它对种群数量的变化有很大影响，一般用年龄金字塔来表示。以人为例，种群的年龄结构可分为增长型、稳定型和衰退型三种类型(图 1-1-6)。



种群的出生率和死亡率受环境条件的影响很大。以草原上的某种兔种群为例，说出影响该兔种群数量变化的环境因素有哪些。

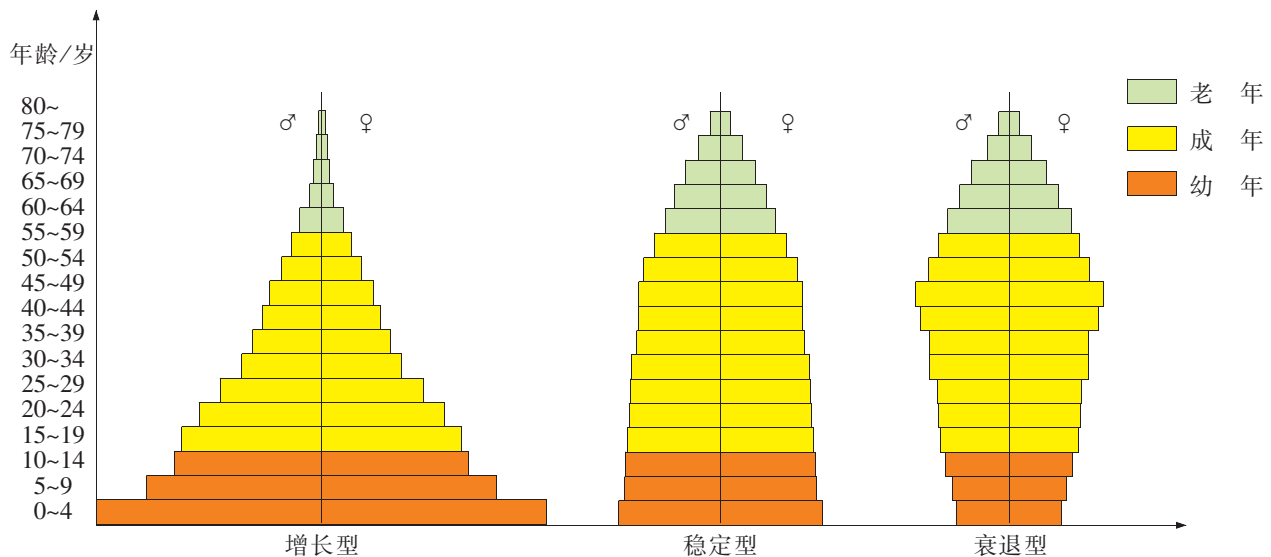


图 1-1-6 人种群年龄结构的三种类型示意图



## 问题与讨论

定期开展全国人口普查,对于掌握全国人口状况和制订未来国家人口发展战略意义重大。

我们可以通过统计自己家庭祖辈(祖父、祖母、外祖父、外祖母)、父辈(父、母)和自己这一辈的人数比例,并在汇总全班同学信息的基础上,推测出我国目前人口年龄结构的模型吗?

在增长型种群中,幼年个体数量较多,老年个体数量较少,出生率大于死亡率,种群数量会在一段时间内越来越多;在稳定型种群中,各年龄段的个体数量比例相当,出生率和死亡率大致相等,种群数量会在一段时间内保持相对的稳定;在衰退型种群中,幼年个体数量较少,老年个体数量较多,死亡率往往大于出生率,种群数量会越来越减少。

种群的性别比例是指种群中雌雄个体数量的比例。具有生殖能力的雌雄个体数量比例的失调,将引起种群内个体数量的变化,在一定程度上也会影响种群密度的变化。

总之,出生率和死亡率、迁入率和迁出率、年龄结构、性别比例都可以影响种群数量的变化,其中出生率和死亡率、迁入率和迁出率是决定种群数量变化的主要因素,年龄结构、性别比例常作为预测种群数量变化的主要依据。种群数量的变化还受到种内关系、种间关系、外界环境等因素的影响。开展种群数量的调查,对于珍稀濒危生物的保育、有害生物的监测和控制,以及人口数量的监控等均具有重要的实践意义。

## 种群数量变化的数学模型

在研究种群数量动态变化时,要对相关数据进行分析、预报、决策和控制,这些过程往往都离不开数学知识的应用。数学模型(mathematical model)是生物学研究的重要工具之一。

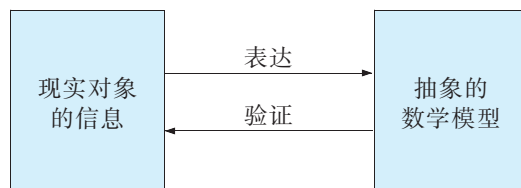
### 知识链接

#### 生物学研究的一种工具——数学模型

利用数学模型描述客观世界是科学研究和技术开发的一种重要方法。这种方法在物理学和化学中早已被运用并获得了巨大的成功。20世纪以来,数学在生物学中的应用越来越广,数量遗传学和数量生态学等新兴学科的相继诞生,标志着数学已经成为生物学研究的一种重要工具。

建立数学模型主要包括表达与验证两个过程。表达是根据建模的目的和掌握的信息(如数据、现象),将实际问题转换成数学问题,用数学语言准确地表述出来;验证是用现实对象的信息检验得到的解答,以确认结果的正确性。这两个过程循环作用,

使得数学模型不断完善(下图)。



现实对象和数学模型的关系

数学模型的应用能较明确地表达生命活动的动态过程,进而帮助我们深入了解生命活动的本质。

建立生物种群数量动态变化的数学模型,可以阐明自然种群动态变化的规律及其调节机制。如果利用计算机来建立模型,不仅有助于预测种群数量,而且还能对原先无法进行的或一些大规模的实验活动进行模拟实验。

### “J”型增长模型

在环境资源不受限制的理想条件下,如食物充裕、空间充足、气候适宜且没有天敌,种群数量的变化主要取决于出生率、死亡率和种群的起始个体数量等。以一年生植物为例,如果用 $N_0$ 表示某种群的起始数量, $t$ 表示时间, $\lambda$ 表示该种群数量相对于前一年种群数量的倍数,那么 $t$ 年后种群数量( $N_t$ )可用数学模型表示为:

$$N_t = N_0 \lambda^t$$

如果在理想环境中,种群数量年复一年地增长( $\lambda$ 大于1),以时间为横坐标、种群数量为纵坐标,将种群数量的连续增长在坐标图中表示出来,形成的曲线形状像字母“J”,因此被称为种群数量增长的“J”型曲线(图1-1-7)。例如,某个一年生生物种群,开始的个体数为10个,到第二年为200个,那么其种群数量是原来的20倍。

在绝大多数情况下,种群数量的“J”型增长都是暂时的,并且这种增长情况一般发生在种群密度很低、资源相对丰富的条件下。

### “S”型增长模型

在自然界中,由于受环境条件和生物自身因素的限制,自然种群数量不可能按照“J”型曲线那样无限增长。例如,受种群密度增大、环境资源缺乏、代谢产物积累以及捕食者数量增加等各种因素的影响,种群内个体可利用的生存空间变小、资源减少,结果是种群的出生率会降低,死亡率会增加。当出生率与死亡率相等时,种群数量就会停止增长,种群数量达到最大值。

在环境条件不受破坏的情况下,一定空间中所能维持的种群最大数量称为环境容纳量(carrying capacity),即 $K$ 值。一定空间中的环境容纳量一般是有限的。种群数量达到环境容纳量时,往往会稳定在一定的水平,不再增长。如果将这种种群数量的增长过程用曲线在坐标图上表示出来,得到的曲线形状像字母“S”,这就是种群数量增长的“S”型曲线(图1-1-8)。

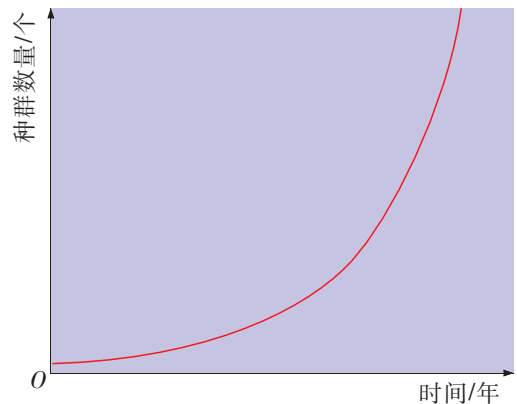


图 1-1-7 种群数量增长的“J”型曲线

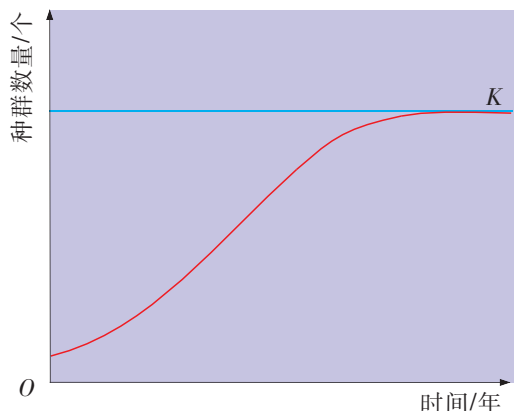


图 1-1-8 种群数量增长的“S”型曲线

### 种群数量的波动

气候、食物、天敌、疾病等多种因素都会使种群数量发生波动。例如,一年生的草本植物一般有明显的季节消长;温带湖泊中的浮游生物(如硅藻)一般每年有春秋两次种群密度高峰;遭遇连年干旱的地区,东亚飞蝗可能出现种群数量的大爆发。图 1-1-9 显示了 100 年内某地区一个塔斯马尼亚绵羊种群数量波动的情况。



图 1-1-9 某地区一个塔斯马尼亚绵羊种群数量波动示意图

#### 问题与讨论

上图记录了塔斯马尼亚绵羊在 1820~1850 年期间种群数量的快速增长变化,以及随后 70 年间的种群个体数量的相对稳定和不规则的小幅度波动情况。

怎样解释导致该绵羊种群密度发生这些变化的原因呢?

在某些不利因素的影响下,有些种群会急剧衰退,甚至灭绝。通常个体较大、出生率低、生长缓慢、成熟较晚的物种,其种群数量受环境影响后,容易发生较大波动。人为干扰也会使种群数量发生一定的变化。例如,在人类过度捕猎、种群栖息地遭破坏的不利条件下,某些动物种群数量会长期下降,严重时甚至会导致该物种灭绝。

#### 知识链接

#### 种群的衰落和灭亡

当种群长久处于不利的自然条件下,或在人类过度捕猎、栖息地被严重破坏的情况下,其数量会出现持久性下降,即种群衰落,甚至灭绝。例如,蓝鲸是世界上最大的须鲸,曾捕获到的最大的蓝鲸体长 33.58 m,体重 170 t。由于第二次世界大战期间捕鲸业停顿,各种鲸的种群数量得到增长;战后随着捕鲸船的吨位上升和捕鲸技术的提高,鲸的捕获量节节上升。结果导致蓝鲸种群衰落,濒临

灭绝。由于同样的原因,其他鲸类也日渐减少。

据调查,一些种群衰落和灭亡的速度正大大加快。究其原因,不仅与人类的过度捕猎有关,而且因为人类活动造成野生生物栖息地的破坏,导致它们的生存状况进一步恶化。

如果一个种群的数量减少到一定程度,种群的繁殖能力和生活力就会大大降低,种群的衰落和灭亡也就不可避免了。



## 走进实验室

### 探究培养液中某种酵母菌种群数量的动态变化

酵母菌种群数量的动态变化与培养条件密切相关。在培养液中营养物质减少、代谢产物增加的情况下,种群数量增长会受到环境因素的限制。

#### 实验目的

通过探究活动,学会测定种群数量的方法,并建立反映种群数量动态变化的数学模型,说明种群数量的增长规律。

#### 实验器材和试剂

活性干酵母,载玻片、盖玻片、滴管、试管、锥形瓶、血球计数板(图 1-1-10)、显微镜、天平,质量分数为 5%的葡萄糖溶液。

#### 实验指导

1. 问题与假设:尝试提出一个关于酵母菌种群数量增长的问题。针对问题,作出假设。例如,提出问题:培养液中酵母菌种群的数量增长曲线是“S”型曲线吗?作出培养液中酵母菌种群的数量增长曲线是“S”型曲线的假设。



图 1-1-10 血球计数板

2. 设计与实验:根据假设,考虑选用哪些器材和哪种实验方法。在小组充分讨论的基础上,设计探究方案,并按照探究方案实施实验。

(1) 用天平称量 0.1 g 活性干酵母,放入盛有 500 mL 质量分数为 5%的葡萄糖溶液的锥形瓶中,将锥形瓶置于适宜的条件下(如室温 25 ℃)培养 1 天,记录初始种群数量。

(2) 定时取样和计数:在此后连续 6 天的培养中,每天定时取样,在显微镜下用血球计数板计数。

**建议:**操作时,先将盖玻片盖在计数板上,用滴管将培养液滴在盖玻片的边缘,让培养液自行渗入计数室,多余的培养液用滤纸吸去;片刻后,待酵母菌沉降到计数室底部,将计数板放在载物台的中央,运用样方法计数小方格内的酵母菌数量(图 1-1-11)。

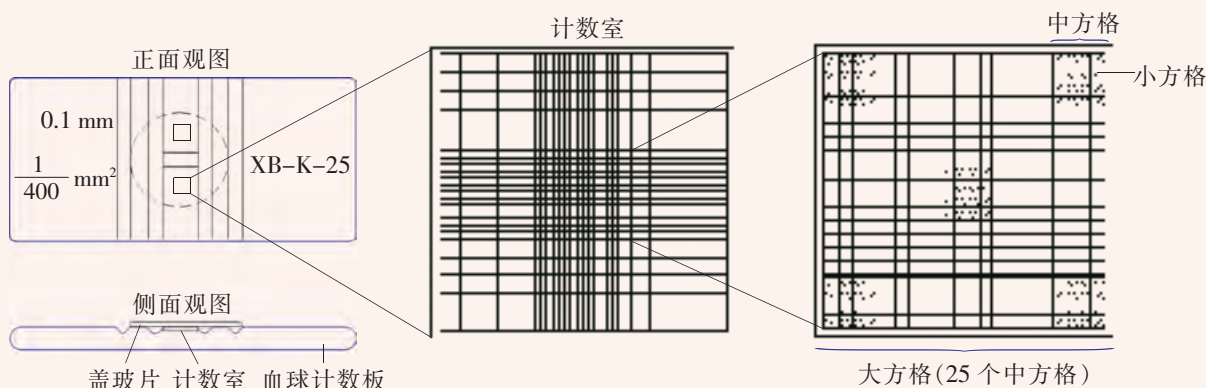


图 1-1-11 某种血球计数板的结构示意图

3. 计算样品中的酵母菌种群数量:根据计数结果,推算小方格内酵母菌数量的平均值,再根据单位体积内的平均值,参照计数板的规格,通过换算求出酵母菌的种群数量。每个样品计数3次,将结果填入表1-1-2中,取其平均值。

表 1-1-2 酵母菌种群数量统计表

次数	时间						
	第1天 (初始种群数量)	第2天	第3天	第4天	第5天	第6天	第7天
1							
2							
3							
平均							

计算公式(1 mL 悬液中的酵母菌数量):

1 mL 悬液中的酵母菌数量=(80 个小方格内酵母菌数量/80)×400×10<sup>4</sup>×稀释倍数  
连续7天定时取样和计数,并计算样品中酵母菌种群的数量。

**建议:**以时间为横坐标,以1 mL 培养液中的酵母菌种群数量为纵坐标,在图1-1-12中绘出酵母菌种群数量动态变化的曲线图。

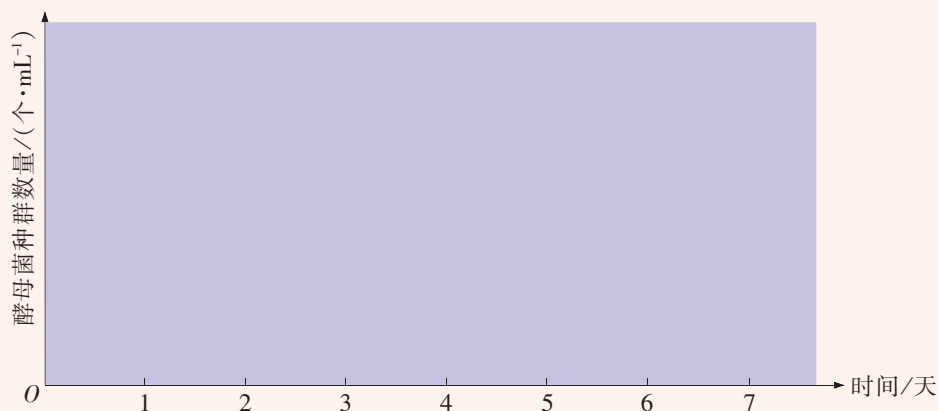


图 1-1-12 酵母菌种群数量动态变化曲线图

### 结论与反思

根据酵母菌种群数量动态变化曲线得出结论。

这一结论支持我们在实验开始时作出的假设吗?在了解其他小组的实验结论的基础上,反思本组的实验。重复实验可以提高实验结果的可靠性。

种群数量的变化受到多种因素的制约。我们通过研究种群的各种特征,可以掌握种群数量变化的规律,有利于维持各类种群数量相对稳定的状态。



如果你想要更多地了解与种群数量变化有关的知识,请参考下列资料。

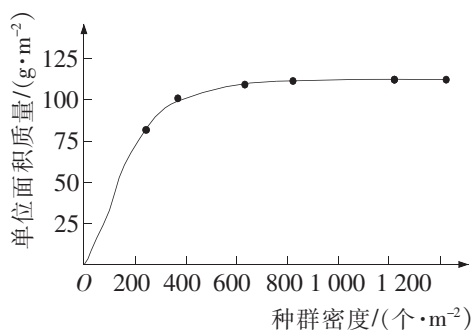
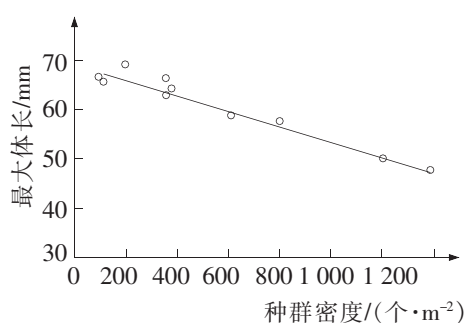
曹凑贵,展茗. 生态学概论. 3版. 北京:高等教育出版社,2015.

第四章 生态系统中的生物种群 第三节 种群的数量动态及调节

## 本节练习

### 一、思辨题

1. 研究人员在观察了一种软体动物的生长情况后发现,该动物的种群密度( $\text{个}\cdot\text{m}^{-2}$ )对个体的最大体长(mm)和单位面积质量( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )的影响如下图所示。下列有关描述与图示数据相符的是 ( )



一种软体动物的种群密度对个体最大体长和单位面积质量的影响示意图

- A. 最大体长与种群密度呈负相关  
 B. 单位面积质量与种群密度呈负相关  
 C. 该种群的  $K$  值为 600~1 200 个  
 D. 该种群的环境容纳量是 1 000 个 $\cdot\text{m}^{-2}$

2. 生物兴趣小组的同学到一个植物园调查水杉的种群密度,发现水杉植株分布不均匀,有的植株多株集中生长,有的植株之间比较分散,还有一些生长在植物园外。他们应该采用什么方法调查水杉的种群密度呢?生长在植物园外的水杉是否也要计入呢?

### 二、应用题

1. 同学们在参观某向日葵种植基地时,看到地里生长着密密麻麻的向日葵植株。他们希望估算这块长 2 000 m、宽 400 m 的地块里向日葵的数量(右图)。



向日葵

(1) 科学地估算该地块中的向日葵数量,不仅是一个测定种群密度的生物学问题,也是一个数学统计学的问题。想一想,应该如何选定样方?如何完成必要的的数据收集工作?

(2) 他们选定了 5 个样方( $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ ),统计出样方中的向日葵数量,并将数据归纳为下表。

向日葵数量统计

样方	样方 1	样方 2	样方 3	样方 4	样方 5
向日葵数量/株	8	10	9	6	6

我们能根据统计数据,估算出该地块的向日葵总数吗?

(3) 在参观的过程中,种植基地的技术员告诉小组成员:向日葵螟虫是向日葵种植的主要害虫,而赤眼蜂是向日葵螟虫的天敌。如果没有人为干预,向日葵螟虫和赤眼蜂的种群密度会发生什么样的变化?请用曲线图表示出来。

2. 通过本节内容的学习,我们一定能感悟到数学在生物学研究中的重要作用。我们还能举出物理学、化学等学科在生物学研究中也具有重要作用的实例吗?

## 生态指示种

生态指示种是指在一定地区范围内,能指示环境条件或其中某一因子的存在和特性的物种。早在1894年,生物学家梅里安(C. H. Merriam)就提出利用无脊椎动物和植物作为温度带的指示生物。

植物经常被用作水和土壤等状况的指示生物,包括土壤指示植物、气候指示植物、矿物指示植物、环境污染指示植物、潜水指示植物等。



海洲香薷是铜矿脉的指示植物

**土壤指示植物:** 芒箕为酸性土壤的指示植物,柏木为石灰性土壤的指示植物,多种碱蓬是强盐渍化土壤的指示植物,蔊草是富氮土壤的指示植物。

**气候指示植物:** 椰子树的开花是热带气候的标志。

**矿物指示植物:** 海洲香薷(rú)是铜矿脉的指示植物(左图)。

**环境污染指示植物:** 唐菖蒲的叶片边缘和尖端出现淡黄色片状伤斑,则说明空气中存在氟化氢污染。

此外,科学家发现,植物花的颜色、生态类群、年轮、畸形变异、化学成分等变化也具有指示某种环境条件的意义。

## 走近专业



生物资源科学专业的师生在进行野外生物资源调查

### 生物资源科学

生物资源科学专业是以生物学为背景,以现代生物技术为主导,以生物资源的种群分布、生殖特点、经济性状、机能特性和开发利用等相关知识,及其可持续发展为中心内容进行教学和科研的专业,是一个多学科交叉、宽口径设置的新专业。

学生毕业后可从事生物资源开发利用、生物制药、生物信息学、生物制品经营管理等众多领域的工作。



如果你想要更多地了解本专业的相关情况,请访问我国关于专业介绍的网站。

## 第二节 影响种群特征的生态因子

我们常用“鱼儿离不开水”来形容水对鱼的重要性。其实,每种生物种群都有一种或几种对它生存和繁殖有关键性影响的因子(关键性因子)。例如,当某水体中的氧含量发生波动时,氧就会成为该水体中水生动物的关键性因子。那么,这些关键性因子是如何影响生物种群数量变化的呢?



积极思维

关键性因子是如何影响种群数量变化的?

事实:

1. 1913年,美国生态学家谢尔福德(V. E. Shelford, 1877—1968)提出了耐受性定律。他认为,任何生物的种群数量都会随着关键性因子的变化而发生改变(图1-2-1)。

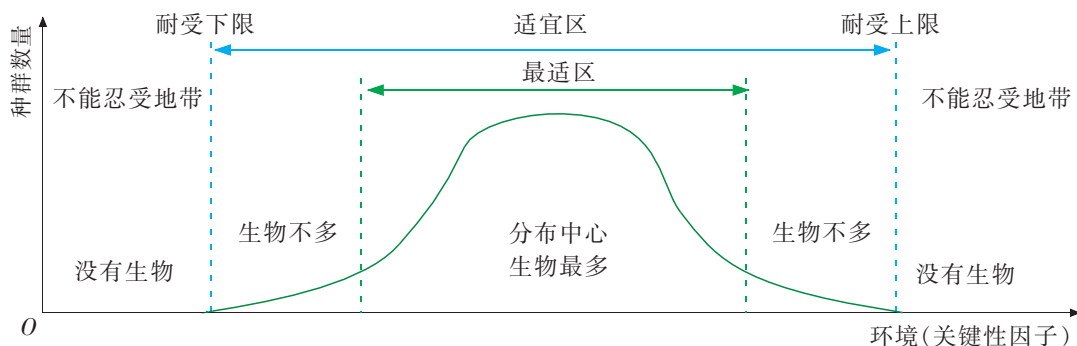


图1-2-1 谢尔福德耐受性定律示意图

2. 从图1-2-1可看出,某种群数量随着某一关键性因子的变化而变化。在关键性因子最适区,生物最多;当关键性因子偏离最适区,生物不断减少;当关键性因子超过生物耐受范围时,生物将面临生存困难乃至死亡。

思考:

1. **推理** 如果某种生物对温度这一关键性因子的耐受性区间是 $10\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,最适区为 $20\sim 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,用温度作横坐标,画出该生物的耐受性曲线。

2. **分析** 在上述谢尔福德耐受性定律示意图中,横坐标“环境(关键性因子)”指的是什么呢?

从谢尔福德耐受性定律可以看出,任何生物的种群数量都会随着关键性因子的变化而发生有规律的变化。对于种群来说,除了某些关键性因子外,还会受到其他环境因子的影响。这些因子统称为生态因子。什么是生态因子?它们对种群有哪些影响呢?



## 生态因子

对某个生物体而言,其周围客观存在的一切事物都是它的环境。环境中对生物的生长、发育、生殖、行为和分布等有直接或间接影响的因素,称为生态因子(ecological factor)。

生态因子包括非生物因素和生物因素。非生物因素包括阳光、温度和水等,生物因素包括生物之间的各种相互关系,如捕食、竞争和共生。



图 1-2-2 江豚

在任何生物的生存环境中都存在着很多生态因子,如果某种生态因子发生变化,在接近或超过生物体的耐受极限时,就会成为限制因子(limiting factor)。在某种生态因子的耐受范围内,每种生物都有一定的最适区。例如,苹果和梨适宜在温带和亚热带种植;马尾松在长江流域主要分布在海拔 1 200 m 以下的地区,超过这个海拔高度则是黄山松的适宜生长区;马铃薯甲虫在 25 °C 时食量最大,低于 10 °C 时即停止

进食;长江中的江豚(图 1-2-2)不能像海豚那样耐受海水的盐度,它们只能生活在淡水中。总之,对某种生物而言,阳光、温度、水、土壤、空气、无机盐以及其他生物都可能对它们的生存有一定的影响。

## 水对种群特征的影响

水是生物不可缺少的重要组成成分,生物的生命活动离不开水。例如,植物体的含水量一般为 60%~80%,水母的含水量超过 95%。

广泛分布于各地草原上的结缕草地下茎比较发达,是较好的草坪用草。有科学家发现,它的种群密度受水的影响很大。当土壤水分充足时,结缕草的正常生长不受限制,株高增高、种群密度增大;当土壤水分不足时,结缕草地上部分生长受到抑制,种群密度减小。

同样,水对动物的生长发育、空间分布及种群数量也有影响。例如,在干旱年份,澳洲鸚鵡就停止繁殖;羚羊幼仔的出生时间,正好是雨水充沛、植被茂盛的时期。

### 问题与讨论

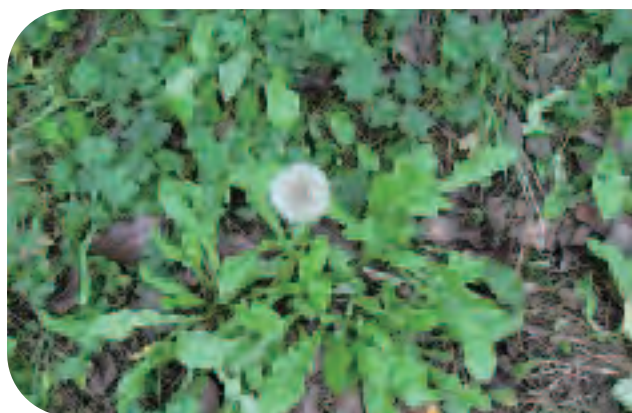
在地球上,有水的地方一般就可能有生命。一切生命活动都与水有密切关系。能不能用自己熟悉的实例说明水对动物的生长发育或空间分布有哪些影响?

## 阳光对种群特征的影响

灿烂的阳光不仅给自然界带来光明和温暖,也为一切生命活动提供了取之不尽的能源。其实,阳光对生物和环境的影响十分复杂,其中光的波长、光照强度和日照长度等都是重要的生态因子。

不同波长的光对生物有不同的影响。例如,大多数脊椎动物与人一样需要在可见光范围内生存。一些昆虫对红外光不敏感,但对紫外光敏感。昆虫对紫外光的这种趋光性已被用于诱杀农业害虫。

光照强度对植物生长及形态结构的构成有重要作用。根据植物对光照强度适应程度的不同,可以将植物分为阳生植物和阴生植物(图1-2-3)。阳生植物对光照强度要求比较高,只有在光照较强的条件下才能正常生长,常见种类有蒲公英、杨、桦和松等。阴生植物大多生活在光照强度较弱的环境中,常见种类有人参、文竹、三七和半夏等。还有些植物对不同的光照强度都有较强的适应能力。根据植物对光照强度的适应程度,可以更科学地对各种植物进行合理栽培,间作套种,引种驯化。



阳生植物(蒲公英)



阴生植物(人参)

图1-2-3 光照强度对植物的生长有影响

### 知识链接

#### 水体中藻类分布与光照强度的关系

光在水中的穿透性限制了藻类在水体中的分布。在特别清澈的海水和湖水中,透光带可以深达百米,藻类可以自由地分布在这广阔的透光带区域里。而在含有大量泥沙颗粒的水体中,透光带可能到达水面以下1m左右处,这类水体中的藻类一般只分布在这有限的透光带范围内。

为什么藻类只能生活在一定光照强度的水体

中呢?这与藻类的光补偿点有关。

光补偿点是指光合作用速率与细胞呼吸速率相等,即净光合作用速率为零时的光照强度。当海洋中的浮游藻类发生沉降,环境中的光照强度越来越弱,当光照强度低于光补偿点时,如果这些藻类不能很快回升到海洋表层,便会死亡。因此,许多藻类都具有向光移动的现象。



有人认为，在其他条件满足的情况下，动物可以在无光的环境中生存繁衍。这样的观点是否正确？

光照强度也会影响很多动物的行为(图 1-2-4)。例如，蝙蝠傍晚开始活动的时间，会随日落时间改变而改变；菜粉蝶的昼出夜伏也与光照强度有关；蝗虫的群体迁飞也发生在日光充足的白天，如果天空乌云密布，它们会停止迁飞。



蝙蝠适应夜晚弱光下活动



菜粉蝶适应白天强光下活动

图 1-2-4 光照强度对动物的行为有影响



## 积极思维

### 植物开花与日照长短有什么关系？

#### 事实：

1. 20 世纪初，科学家发现了两个难以解释的现象：一是某个品种的烟草，在夏季即使株高 2 m 也不开花；而在冬季的温室里，株高不到 1 m 却可以开花。另一个现象是，在春季的不同时间播种某品种的大豆种子，尽管大豆植株的株高明显不同，但它们在夏季的开花时间差别不大。

2. 地球的公转和自转导致了地球上的日照长短发生周期性变化。在北半球，从春分到秋分是昼长夜短，夏至当日白昼最长；从秋分到春分是昼短夜长，冬至当日黑夜最长，如此循环往复。

3. 科学家发现，油菜会在一段时间的长日照条件(每日连续光照 14 h 以上)下开花，而在一段时间的短日照条件(每日连续黑暗 14 h 以上)下不开花；相反，水稻在一段时间的长日照条件下不开花，而在一段时间的短日照条件下开花。

#### 思考：

1. 分析 某种植物在短日照条件下不开花说明了什么问题？

2. 推理 春季不同时间段播种的水稻种子，一段时间后，它们的株高有明显差距。它们在夏季的开花时间会基本相同吗？

根据植物开花对日照长短的不同需求,可以把植物分为长日照植物和短日照植物。长日照植物一般是指在一定时间内日照时间长于一定时数(如每日连续 14 h 以上的日照)才能开花的植物,如油菜。短日照植物则一般是指在日照时间短于一定时数(如每日连续 14 h 以上的黑暗)才能开花的植物,如水稻。

短日照植物大多数原产自热带、亚热带地区,长日照植物大多数原产自温带和寒带地区。生活在不同昼夜变化环境中的植物,经过长期的自然选择和进化,形成了适应日照长短变化的特性。如果把长日照植物栽培在热带地区,由于昼夜周期中日照长度短于某一临界值,植株就不易或不会开花。同样,将短日照植物栽培在温带和寒带地区,植株也会因日照时间过长而不易或不会开花。这对植物的引种、育种工作有一定的指导意义。

日照长短也会影响动物的繁殖。例如,在白昼逐渐缩短的秋冬之际,山羊进入生殖期;在白昼逐渐变长的春夏之际,鼬开始进入生殖期。

除此之外,日照长短还会影响动物的迁徙。例如,许多鸟类每年春季都能按时迁飞到繁殖地,秋季又能按时迁飞到越冬地,这与日照时长的周期性变化也有关系。在日照时长周期性变化的长期作用下,各种生物都形成了自己特有的活动节律,它们的这种生理活动与环境条件的周期性变化保持同步的特性,也有利于生物的生存。

## 温度对种群特征的影响

任何生物都生活在具有一定温度的环境中,并受温度变化的影响。地球表面的温度条件总是不断变化的,在空间上随纬度、海拔高度和各种小生态环境的变化而变化;在时间上会因四季的变化和昼夜的变化而变化。这些温度的变化都可能给生物带来多方面的深刻影响。

湿地松粉蚧是一种入侵我国的松林害虫,自 20 世纪从美国传入我国广东以来,迅速扩散,危害十分严重。研究发现,不同温度对湿地松粉蚧成虫的产卵量有明显的影响。温度偏高时,成虫的产卵量显著下降。29℃时,成虫的产卵量最大,平均每日产卵量达 90 多粒;37℃时,成虫的产卵量明显下降,平均每日产卵量只有 60 多粒。另外,温度对成虫的死亡率也有明显的影响,在 21~23℃时,温度对成虫的死亡率影响不显著;当温度超过 32℃时,随着温度的升高和时间的推移,成虫的死亡率急剧增大。所以,夏季的持续高温,可以使湿地松粉蚧的种



菊花是短日照植物,许多栽培品种的花期在 10 月~11 月。为了让这些菊花能在我国的国庆节期间开放,你能设计一个栽培方案吗?



群数量急剧下降,从而降低虫害。

长期生活在某种温度环境中的生物通过自然选择,在形态结构、生理生化等方面会表现出一定的适应特征。

## 生物如何适应低温环境?

### 事实:

1. 在形态结构方面,生活在低温环境下的动植物会以特殊的结构适应环境。例如,在寒冷和高山地区,植物的芽和叶片常具备一定的自我保护能力。它们的芽具鳞片,叶表面生有蜡粉和密毛(图 1-2-5),植株矮小并常成匍匐状、垫状或莲座状。恒温动物北极狐身体的突出部分小而短(图 1-2-6),毛细密柔软,皮下脂肪很厚。



图 1-2-5 一种生有密毛的高山植物



图 1-2-6 耳郭短小的北极狐

2. 在生理生化方面,生活在低温环境中的动植物有不同的特点。一些植物细胞通过减少水分,增加糖类、脂肪、色素等方式,使植物的冰点降低,抗寒能力增强。一些恒温动物则通过增加体内的产热量等方式,来保持体温的恒定。

### 思考:

1. **分析** 观察周围的某种动物或植物,它们在形态结构或生理生化方面是如何适应环境温度的?

2. **推理** 生活在热带地区的植物和动物是如何适应高温环境的?

长期生活在高温环境中的生物与长期生活在低温环境中的生物表现出不同的适应环境的方式。即使生活在相同的环境中,不同生物适应环境的方式也不尽相同。例如,沙漠中的啮齿动物常采用夏眠、穴居和昼伏夜出的方式生活;一些植物密生茸毛和鳞片,可以过滤部分阳光;一些植物体呈白色或银白色,能反射部分阳光;还有一些植物通过降低细胞含水量来减缓代谢速率,从而适应高温环境。

## 土壤对种群特征的影响

土壤是岩石圈表面能够生长植物的疏松表层,由固体(无机物和有机物)、液体(土壤水分)和气体(土壤空气)组成的三相复合系统。在自然条件下,土壤空气和土壤水分的比例经常变动,上述成分不是简单机械地混合在一起,而是相互联系、相互制约,构成了一个统一体。

土壤是陆生生物生活的基质,它提供生物生活所必需的无机盐和水;同时,土壤又是生态系统中生物与无机环境相互作用的产物。由于植物根系和土壤之间具有极大的接触面,它们之间发生着频繁的物质交换,彼此能产生强烈的影响,因此土壤也是重要的生态因子。

植物对于长期生活的土壤会产生一定的适应性,并因此形成各种以土壤为主导因素的植物生态类型。例如,根据植物对土壤酸碱度的反应,可以把植物划分为酸性土植物、中性土植物和碱性土植物;根据植物对土壤含盐量的反应,可以把植物划分为盐生植物和非盐生植物。

### 知识链接

#### 盐生植物

盐生植物是指生长在氯化钠含量较高的土壤上的植物,又称盐土植物。土壤中含有大量的可溶性钠盐对大多数植物是有害的,通常土壤中含有0.05%的氯化钠时,许多植物就不能忍受了,但盐生植物可以生长在含盐量高达3%~4%的土壤中。

盐生植物能在盐化生境中生长发育,并可积累相对多量的盐分。盐生植物包括真盐生植物(如海岸灯心草),它们能增加体内水分,使茎叶肉质化,在枝条积累相当多量的盐分,通过枝条的枯落,达到盐分平衡。还有泌盐生植物(如大米草),它们能

将体内过剩的盐分经过叶上的盐腺、毛等分泌出去,以调节体内盐分。

盐生植物种类较少,据研究,我国的盐生植物共有50种。常见的有生长在海边盐土上的南方碱蓬,它是细小的肉质植物,耐盐性强,常群生于潮湿的海滩上或黏性的盐渍土上,植株常呈紫色或红紫色,所以,在海滩上这类植物特别显眼。

红树、红茄冬、海漆树等也是生长在热带海岸边的盐生植物,它们的耐盐力也很强。

土壤中和落叶下生存的各种动物统称为土壤动物。作为生态系统物质循环中重要的消费者和分解者,土壤动物在生态系统中起着重要的作用。土壤污染可以通过土壤动物种类的数量变化表现出来,如受铜、锌、汞重金属污染的土壤中螨类数量明显减少。

从水、阳光、温度和土壤等诸多生态因子对种群特征的影响可以看出,生物与环境是相互依存的统一体。而对于某一特定生物种群而言,在特定时期,某种生态因子会成为影响该种群的关键性因子。

## 本节练习

### 一、思辨题

1. 在一片栎树林中,从 10 m 以上的林冠层到 1 m 左右的林下层,有林鸽、褐山雀、大山雀、乌鸫等多种鸟生活。影响鸟类在林中如此分布的主要原因是 ( )

- A. 不同鸟类对光照强弱的反应不同      B. 林中温度偏高,鸟类的适应性不同  
C. 鸟类的分布与林中湿度变化有关      D. 影响植物生长的生态因子间接影响鸟类的分布

2. 以某一生态因子为例,说出它是如何影响种群数量变化的。

### 二、应用题

1. 褐飞虱(下图)广泛分布于中国、日本和澳大利亚等国家,是危害水稻的主要害虫之一,具有群聚性、远距离迁飞性和灾变突发性等特点。



褐飞虱

农业科技人员研究发现,褐飞虱的种群数量、发育速度、存活率及繁殖力等方面与温度具有一定的相关性。他们对褐飞虱实验种群在五种温度下卵和幼虫的存活率进行了观察与统计,结果如下表所示。

褐飞虱的卵和幼虫的存活率

温度(°C)	22	25	28	30	32
卵的存活率(%)	72.14	78.49	88.45	67.20	62.63
幼虫的存活率(%)	95.97	92.71	92.61	94.70	58.59

根据上表并应用本节所学知识回答下列问题。

(1)在什么样的温度下,卵和幼虫的平均存活率最高?褐飞虱幼虫生存的最适宜温度区间是多少。

(2)分析温度变化对褐飞虱种群数量可能会产生的影响。

(3)用什么方法来调查该种群的数量较为合适?为什么?

2. 尝试举出其他某种害虫对水稻的危害与生态因子的相关性的例子,并分析阳光、水和温度等非生物因子对这种害虫种群数量的影响。

## 种群“爆炸”威力无穷

地球上几乎每一种生物都有很大的生殖潜力。如果不受食物、空间、天敌和气候等条件的限制,生物种群数量会在短期内达到惊人的数值。我国自古就是一个蝗灾频发的国家。据记载,在20世纪40年代的一次蝗虫大爆发中,天空出现了一个宽5 km的蝗虫群,这个蝗虫群以 $15\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 的速率整整飞行了3天才飞过一个地区。蝗虫群所到之处遮天蔽日,天昏地暗(右图)。当它们落到一株大树上时,树枝因受到蝗虫群的重压而发出断裂声。类似的蝗灾虽然不经常发生,但也绝非罕见。2019年末2020年初源于东非的沙漠蝗大爆发,约1 190万人受到影响。中国也紧急部署防控,以防蝗灾侵袭。

北欧旅鼠一年产仔7~8次,幼鼠6周即可性成熟。北欧旅鼠每3~4年就要发生一次大爆发,那时它们会把所有可吃的植物吃光,然后数以百万计的北欧旅鼠开始成群结队地外迁。外迁时,前面的北欧旅鼠会填平小河、池塘,后面的北欧旅鼠则踏过同伴的身体继续前进。北欧旅鼠“大军”所到之处,绿色的草地会被践踏成荒原。

生态学家常把种群的这种超常繁殖现象叫作种群“爆炸”。我国过去曾经频发的“蝗灾”“鼠灾”“稻化螟灾”等现在已经很少发生,这与科技的进步有很大关系。



蝗灾发生时飞行中的蝗虫群

## 走近职业



环境监测工作者正在进行生态监测中的昆虫采样工作

### 环境监测工作者

环境监测工作者主要从事按照规定程序和有关法规的要求,对代表环境质量及发展趋势的各种环境要素进行技术性监视、测试和解释;对环境行为进行执法性监督、控制和评价;为环境管理、污染源控制、环境规划提供科学依据等相关工作。环境监测的对象包括自然因素和人为因素,监测方法包括化学监测、物理监测、生物监测、生态监测等。

许多具有生物学或环境科学等专业学士及以上学位的人在从事环境监测工作者的工作。



如果你想要更多地了解本职业的相关情况,请访问我国关于职业介绍的网站。





## 第三节 种间关系

在农业生产上,清除田间杂草一直是一项重要的生产活动。稻田里常会生长稗草,麦田里常会生长野燕麦,这些杂草与水稻、小麦等栽培作物争夺阳光、水和养分,影响了作物的产量和质量。这种生物种群之间的关系一直受到科学家的关注,苏联科学家为此用多种草履虫开展了实验研究。那么,草履虫实验说明了什么问题?



积极思维

### 高斯的草履虫实验说明了什么问题?

事实:

1. 1934年,苏联科学家高斯(G. F. Gause, 1910—1986)进行了关于种间关系的实验研究。他选取两种在亲缘关系和生活习性上都很接近的单细胞原生动物——双小核草履虫和大草履虫作为材料进行培养实验。

2. 高斯先单独培养两种草履虫,他给两种草履虫都投喂了同一种细菌。一段时间后,他发现草履虫的种群数量发生了变化;然后他又混合培养了这两种草履虫,一段时间后,他发现它们的种群数量又发生了新的变化(图1-3-1)。

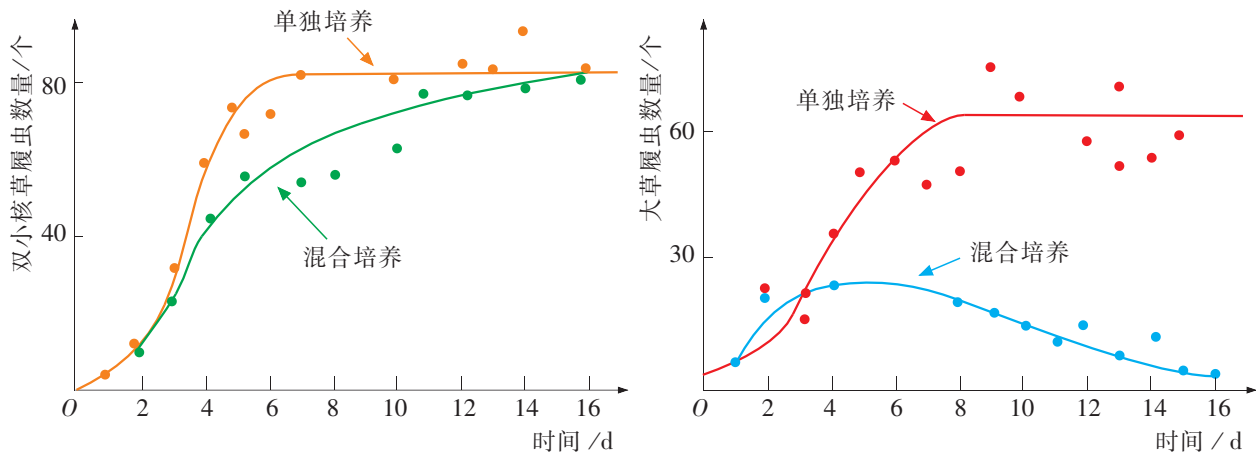


图1-3-1 单独培养和混合培养时两种草履虫的种群数量变化图

思考:

分析 从高斯的实验中我们能得出什么结论?

从高斯的实验我们可以看出,两种草履虫种群在混合培养后,其种群数量的变化与各自单独培养时相比都发生了改变,高斯将它们混合培养时的关系解释为竞争关系。那么,什么是竞争关系?不同种群之间除了竞争关系,还存在其他哪些关系呢?

## 种间的负相互作用

生态学上把不同物种的生物种群之间的关系称为种间关系(interspecific relationship)。种间关系可以概括为两大类,即种间的正相互作用与负相互作用。

高斯发现的两种草履虫之间的竞争关系以及不同生物间的捕食和寄生关系都属于种间的负相互作用。

### 竞争

竞争(competition)是指生活在同一区域的两种或两种以上生物争夺同一资源而产生的直接或间接抑制对方的关系。竞争的资源可能是食物、水分、无机盐,也可能是阳光、空间等。

竞争对种群的生存有重要影响。竞争有可能使两个不同种群达到协调的平衡状态,而激烈的种间竞争也有可能使竞争中处于劣势的一方消亡。例如,高斯在实验中发现,在两种草履虫之间的食物竞争中,双小核草履虫处于优势地位,其生长和增殖快,数量逐渐增加;而大草履虫生长和增殖慢,其数量逐渐减少,直到消失。

### 捕食

捕食(predation)是指一种生物取食另一种生物的种间关系。捕食者种群和被捕食者种群之间相互制约,调节着捕食者和被捕食者的种群数量。当捕食者的种群数量增大时,被捕食者的种群数量将随之减少;而被捕食者的种群数量降到一定水平时,反过来又会影响捕食者的种群数量。随着捕食者的种群数量减小,被捕食者的种群数量又会再次增大。如此下去,捕食者与被捕食者的种群数量之间呈现一定程度上的周期性波动现象。例如,某地区狼和驼鹿的种群数量因捕食关系形成此消彼长的周期性波动(图 1-3-2)。



竞争是不同种群之间存在的普遍现象。你能举例描述一块水稻田中各种群之间的竞争现象吗?

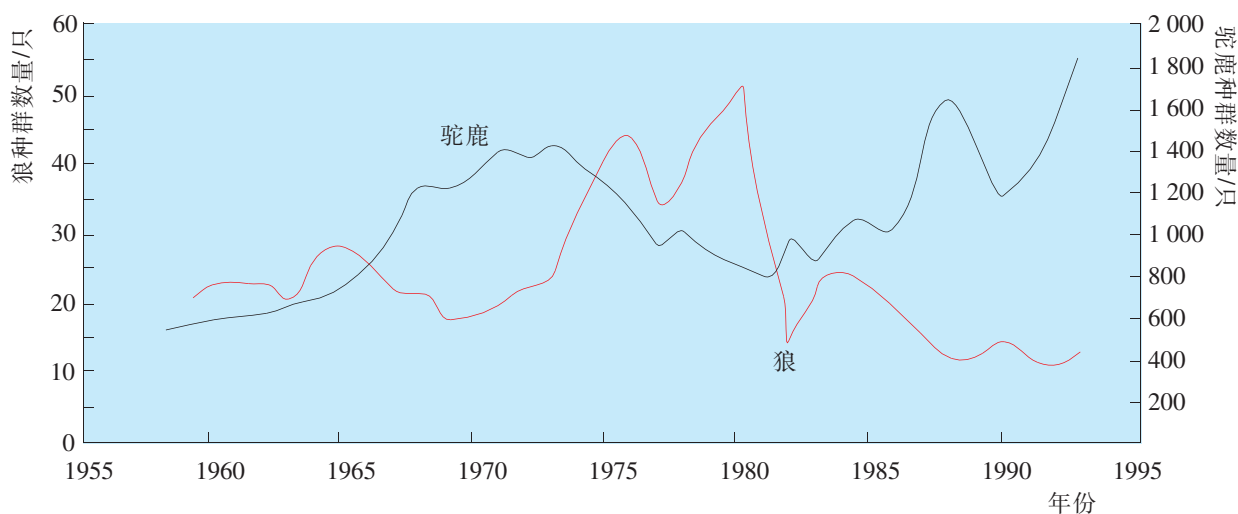


图 1-3-2 某地区狼和驼鹿的种群数量变化曲线图

### 问题与讨论

在自然界,不会仅存在上述狼和驼鹿种群那样一对一的捕食关系。实际上捕食者与被捕食者之间的关系要复杂得多。

根据已有知识和逻辑推理,上述地区的狼和驼鹿种群的数量变化,还会受到哪些因素的影响?

在自然环境中,捕食者与被捕食者之间一般不存在单纯一对一的捕食关系,多种捕食者和多种被捕食者交叉着发生联系的现象非常普遍。捕食者一般是多食性的,可以选择多种不同的被捕食者,这样既能具有阻止单一被捕食者种群数量急剧下降的作用,又能给自身带来更多的生存机会。相反,就某种被捕食者而言,它会遭到多种捕食者捕食,而当它的种群密度上升较高时,可能会引来更多种类的捕食者,以影响其数量的继续增加。例如,在一片草原上,捕食鼠类的可能不仅有鼬,还会有狐、鹰等动物种群;而作为被捕食者的鼠类不仅有田鼠,还可能有负鼠、犬鼠等。因此,这片草原上某种捕食者和某种被捕食者之间的关系是很复杂的。

广义的捕食还包括动物取食植物。例如,山羊吃草、蜂鸟取食花蜜、草履虫摄食小球藻等。

### 寄生

寄生(parasitism)是指一种生物(寄生物)寄居于另一种生物(宿主)的体内或体表,从而摄取宿主养分以维持生活的现象。寄生物与宿主既可能是植物、动物,也可能是微生物。生物界中的寄生现象十分普遍。例如,噬菌体寄生在细菌体内,真菌寄生在植物体内,绦虫(图 1-3-3)寄生在动物体内。

寄生物的形态结构和生理功能等方面都会有适应宿主环境的特征。例如,跳蚤身体左右侧扁平,利于在动物毛发之间活动;寄生于肠道的绦虫利用吸盘固着于宿主的肠道壁上,依靠其体壁吸收营养,其消化器官已经退化。

寄生物和宿主之间种群数量的动态变化在某种程度上与捕食者和被捕食者的相互作用很相似。随着宿主种群密度的增大,寄生物广泛扩散和传播;当宿主大量死亡导致种群密度减小时,寄生物也会随之减少。

此外,还有一类介于寄生和捕食之间的种间关系。例如,寄生昆虫把卵产在其他昆虫(宿主)体内,待卵孵化后幼虫以宿主的组织为食,直至宿主死亡。



图 1-3-3 营寄生生活的绦虫

## 种间的正相互作用

生物种间的正相互作用包括互利共生和偏利共生等。

### 互利共生

互利共生(mutualism)是指两个生物种群生活在一起,相互依赖、相互得益的关系。互利共生现象在动物界也普遍存在。例如,豆科植物与根瘤菌的互利共生(图 1-3-4),豆科植物向根瘤菌提供生活所需的物质和能量,而根瘤菌能固定空气中游离的氮,改善豆科植物的氮素营养。再例如,鹿、牛、羊等植食性动物的胃中生活着多种种群密度很大的细菌,它们有的能分解动物所不能消化的纤维素,有的能合成一些动物生命活动需要的维生素。同时,这些动物也为细菌提供了营养和适宜的环境。因此每一个细菌种群都与相应的植食性动物相互依存,共同生活。

互利共生还表现为一方从另一方获得食物或隐蔽场所,同时回报给对方安全的生存环境,使其免遭捕食者或寄生物的攻击等。例如,在一些海洋生态系统中,专门有一些鱼和虾以其他鱼类体表和鳃上的寄生物为食,而被清洁的鱼类则免除了寄生物的干扰。这种通常被称为清洁共生的关系在热带海域中比较常见。作为“清洁夫”的小鱼和虾在被称为“清洁点”的固定地点“炫耀”它们鲜艳的色彩,而其他鱼类则来到这里接受清洁服务(图 1-3-5)。

人体肠道内也生活着种类繁多、数量巨大的菌群,在一般情况下,它们能阻止和抑制外来肠道致病菌的入侵,并为人体提供多种维生素等营养物质。同时,人体肠道也为肠道微生物提供了良好的营养和栖息场所。所以,当人们长期服用广谱抗生素时,就会使肠道中正常的菌群失调,可能会导致某些维生素缺乏等症状。

### 偏利共生

与种群间互利共生关系不同,自然界还存在一种非互利的共生关系,即偏利共生(commensalism)关系。偏利共生是指共生的两种生物的相互作用对其中一方有利,并对另一方无害的关系。例如,某些攀缘植物以高大树木作为附着物,借以得到适宜的阳光和其他生活条件,但并不从附着的植物上吸取营养。一般情况下,这些攀缘植物不会对被附着植物造成伤害。



图 1-3-4 豆科植物与根瘤菌互利共生



图 1-3-5 清洁鱼为其他鱼类清除寄生物



根据种间关系,你能否想象一下种群内部个体之间存在怎样的关系?

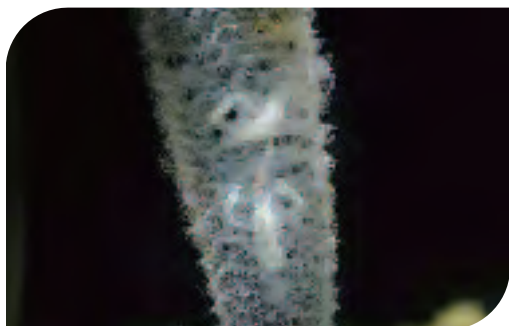


图 1-3-6 生活在海绵体内的俪虾



图 1-3-7 附着在鲸体表的藤壶

海绵是一类生活在淡水或海水中的多细胞动物,其身体中央有一中空的腔,主要营固着生活。海绵体壁布满小孔,通过水的进出,既可摄取水中的营养物质和氧,也可排泄废物。深海里一种俪虾在幼小的时候就通过海绵身体上的水孔进入海绵的中央腔内生活,这种俪虾长大后就“囚禁”在海绵体内(图 1-3-6),并以海绵的食物残渣为食。俪虾获得海绵的保护和食物,但对海绵无害。

藤壶是甲壳纲动物,常附着在岩石等硬物上生活。藤壶有时也附着在鲸的体表。鲸是水生哺乳动物,它和附着在其体表上的藤壶形成典型的偏利共生关系(图 1-3-7)。随着鲸的游动,藤壶会把壳盖打开,伸出羽状触手滤食水流中的浮游生物。鲸的游动为藤壶的摄食提供了更为广阔的空间,而鲸既没有从中得益,也没有因此受到危害。



## 放眼社会

### 利用生物的种间关系进行生物防治

生物防治(biocontrol)是指依据生物种群间的相互关系,用一种生物抑制或消灭另外一种生物(或另一类生物)的方法。

由于化学农药的长期使用,一些害虫已经产生了很强的抗药性,许多害虫的天敌又大量被杀灭,致使一些害虫十分猖獗。同时,施用化学农药会严重污染水体、大气和土壤,并通过一定途径进入人体而危害人体健康。利用生物防治病虫害,能有效地避免上述问题。目前,生物防治已经在世界许多国家得到广泛应用,其方法主要包括以鸟治虫、以虫治虫和以菌治虫。

利用捕食性天敌防治农林有害动物是一类常用的生物防治方法。例如,利用山雀、灰喜鹊、啄木鸟等捕食害虫,利用黄鼬、猫头鹰、蛇等捕食鼠类,利用瓢虫、螳螂、蚂蚁等昆虫捕食害虫。

利用寄生性天敌防治农林害虫也是一

类有效的生物防治方法。例如,利用赤眼蜂防治多种农林害虫(图 1-3-8)。



图 1-3-8 将赤眼蜂卵卡固定在植物叶片上

生物防治的方法很多。例如,用白僵菌制剂可以防治马尾松毛虫,利用苏云金杆菌制剂可以防治多种林业害虫,利用肿腿蜂可以防治天牛,利用花角蚜小蜂可以防治松突圆蚧。

## 本节练习

### 一、思辨题

1. 某地棉田中发现了棉铃虫,它们取食棉花的花蕾、叶等。在引入某种蜘蛛后,棉铃虫和蜘蛛的种群数量发生了变化。下列能合理解释这两种生物种群数量变化的是 ( )

- A. 棉田中蜘蛛的种群数量快速增加,则两个种群是共生关系
- B. 引入蜘蛛后,棉铃虫的种群数量减少,则两个种群是捕食关系
- C. 施用杀虫剂后,蜘蛛和棉铃虫的种群数量都减少,则两个种群是竞争关系
- D. 引入蜘蛛后,棉铃虫的种群数量先减后增,则两个种群是互利共生关系

2. 很多生物与人类的关系十分密切,如很多的哺乳动物或种子植物。尝试以某种哺乳动物或种子植物为例,阐述人类与这种生物之间存在的种间关系。

### 二、应用题

1. 农业上常采用生物防治的方法防治农作物害虫。这种方法对保护环境有什么意义?

2. 一个蜜蜂群体中一般有蜂王、工蜂和雄蜂三种类型,它们营群居生活(左下图)。蜜蜂采蜜、酿蜜,同时为植物授粉,被称为资源昆虫。蜜蜂的主要天敌是胡蜂(右下图)。当胡蜂发现蜂巢后,它们就会在其上空不停地飞舞,或者干脆就堵在蜂巢入口以捕食蜜蜂,或把蜜蜂作为饲养胡蜂幼虫的食物。



蜜蜂



胡蜂

(1) 春季来临时,工蜂会尽心地照顾蜂王和雄蜂,但到花少的秋季,繁殖期一过,大部分雄蜂就被赶出蜂巢,这属于什么现象呢? 如果回答有困难,可以通过互联网或图书馆搜集资料得到答案。

(2) 蜜蜂虽然营群居生活,但不同蜂群之间是互不联系的。蜂巢里存有大量的营养物质,为了防御其他蜂群的入侵,工蜂还担负着守卫蜂巢的工作。此时,各蜂群之间属于什么关系? 如果回答有困难,可与其他同学一起探讨。

## 生物种间相互关系基本类型

从理论上讲,生物的种间关系复杂多样,但最主要的有九种相互关系类型(下表)。在生态系统的发育和进化中,正相互关系趋向于促进作用,从而提高两个物种的存活率;而负相互关系趋向于抑制作用,从而限制双方或一方的存活。

生物种间主要的相互关系类型

类型	物种 1	物种 2	特征
偏利作用	+	○	物种 1 偏利,物种 2 无影响
原始合作	+	+	对两物种都有利,但非必然
互利共生	+	+	对两物种都必然有利
中性作用	○	○	两物种彼此无明显影响
竞争(直接干涉)	-	-	物种 1 直接抑制物种 2
竞争(资源利用)	-	-	资源缺乏时的间接抑制
偏害作用	-	○	物种 1 受抑制,物种 2 无影响
寄生作用	+	-	物种 1 为寄生物,通常比宿主(物种 2)的个体小
捕食作用	+	-	物种 1 为捕食者,通常比被捕食者(物种 2)的个体大

注:“○”表示无有意义的相关影响,“+”表示对生长、存活或其他种群特征有利,“-”表示种群生长或其他特征受到抑制。

种群间的这些相互关系类型在普通的生物群落中都可能见到,对于两个具体的物种而言,相互关系的类型可能会在不同的条件下有所变化,也可能在其生命史的不同阶段中有不同的类型。例如,两个物种在某一时间段可能是寄生作用,在另一个时间段则成为偏利作用,到后来还可能变成中性作用。

生物种间相互关系的多样化是生物进化的结果,也是生物与环境相互作用的结果。

### 走近职业



农作物植保员在指导农民防治番茄病虫害

#### 农作物植保员

农作物植保员是从事预防和控制有害生物危害农作物及其产品的技术人员。该职业应具备植物保护基础知识,作物病虫害、鼠害调查与测报基础知识,有害生物综合防治知识,农药及相关器械应用能力,植物检疫、作物栽培、农业技术推广和计算机应用等专业知识,并掌握与农业有关的法律常识等。

许多具有植物保护或生物学等相关专业大专及以上学历的人在从事农作物植保员的工作。

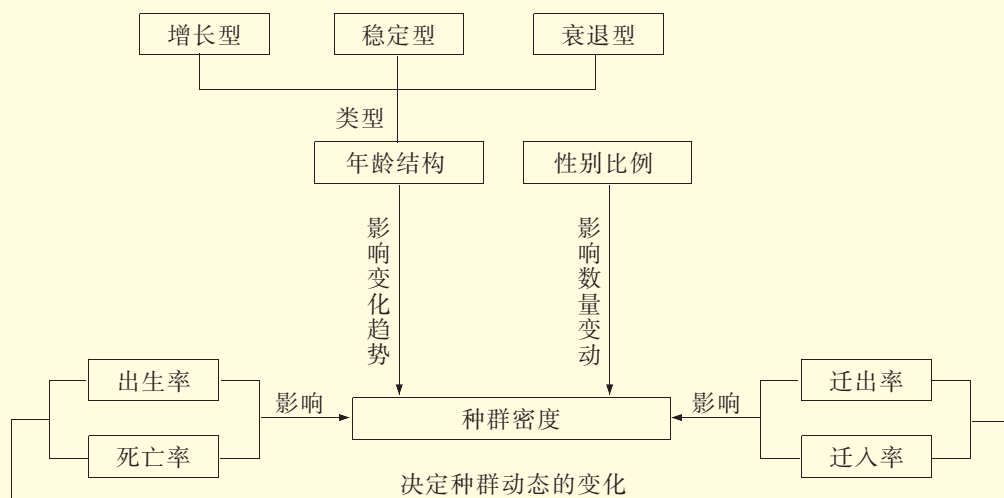


如果你想要更多地了解本职业的相关情况,请访问我国关于职业介绍的网站。

## 本章小结

### 概念回顾

●种群具有多种特征,生物与环境相互作用会影响种群特征。种群是由同种生物组成的具有整体性和统一性的群体,种群特征包括种群密度、出生率和死亡率、迁入率和迁出率、年龄结构和性别比例等,它们对种群数量动态变化的影响可以简要归纳和概括为下图。



种群特征及相关概念关系图

●阳光、温度和水等非生物因素以及不同物种之间的相互作用都会影响生物的种群特征。阳光、温度和水等属于非生物因素,它们会通过影响动植物的形态结构、生长发育、行为活动从而影响生物的种群特征;不同物种之间的相互作用(种间关系)属于生物因素,这种作用分为正相互作用和负相互作用。种群之间的互利共生和偏利共生关系属于正相互关系,种群之间的竞争、捕食和寄生关系属于负相互关系。

### 素养提升

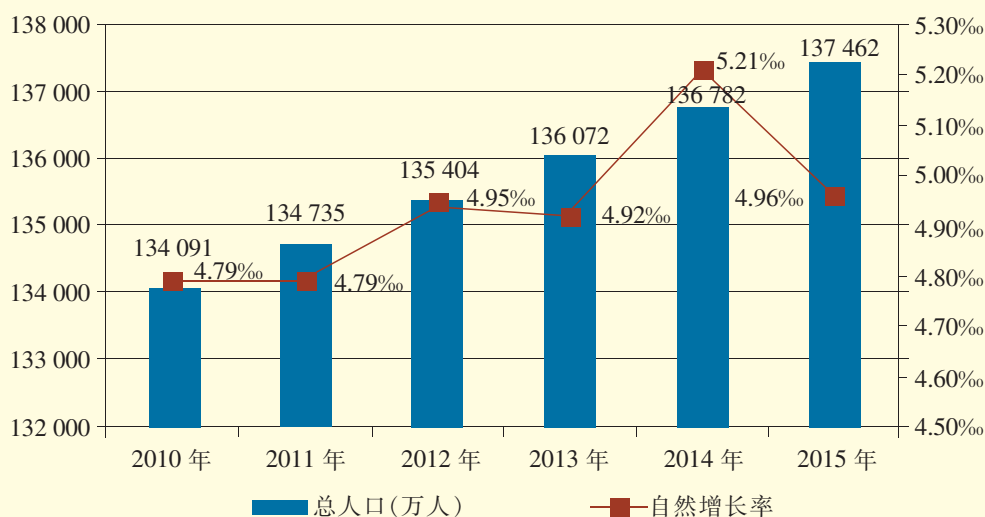
●能运用数学模型阐明种群动态变化的规律及其调节机制。从中不仅感悟到生命现象的复杂性,还感悟到生物学与数学间的横向联系,能运用相应的科学思维方法解决实际问题。

●基于利用生物的种间关系进行生物防治,可以减少对作物和环境污染的事实,认识到生物科学技术对社会发展有重要影响。



## 本章练习

1. 2015年10月29日,中国共产党第十八届中央委员会第五次全体会议公报提出,“促进人口均衡发展,坚持计划生育的基本国策,完善人口发展战略,全面实施一对夫妇可生育两个孩子政策,积极开展应对人口老龄化行动”。一项针对2010~2015年我国总人口及自然增长率的统计如下图所示(不包含港澳台)。



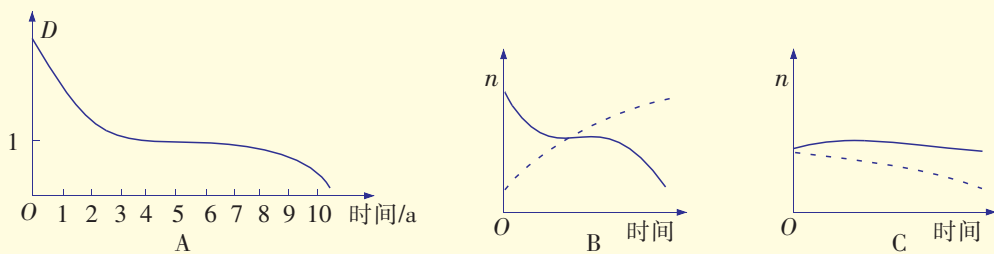
2010~2015年我国总人口及自然增长率

(1) 尝试分析影响我国人口数量变化的各种原因。

(2) 分析上图的统计数据,如何理解上述公报既提出“坚持计划生育的基本国策”,又提出“全面实施一对夫妇可生育两个孩子政策”?

2. 从历史、政治、文化、科技的角度,该如何解读我国总人口及自然增长率的变化呢? 如果觉得问题有难度,可以通过互联网查阅相关资料或请教各学科的老师。

3. 有一片长有马尾松和山毛榉的针、阔叶混交林,逐年对两个树种的存量( $n$ )进行统计,马尾松和山毛榉存量的比值记作  $D$ ,做出曲线如下图 A 所示。



(1) 马尾松和山毛榉之间的关系是\_\_\_\_\_。

(2) 如果 B、C 两图中的两条曲线分别代表两个物种的存量变化,能反映这两个物种之间关系的是图\_\_\_\_\_。



如果想要更多地了解与本章有关的内容,请访问:  
生态学、环境化学、环境生态学等相关网站。



海岸边上的红树林一隅

## 第二章

### 群落

在我国热带、亚热带海岸分布着以根系发达、能在海水中生长的秋茄树等常绿灌木或乔木组成的湿地生物群落——红树林。红树林中还生长着盐角草等植物,也是各种海鸟觅食、栖息和生长、繁殖的适宜场所。这些动植物构成了红树林群落。

红树林群落中的秋茄树、盐角草、苍鹭分别是一个种群,它们一起构成的群落与种群有什么差别?什么是群落?群落有哪些主要特征?群落是一成不变的吗?哪些因素会对群落产生影响呢?

## 第一节 生物群落的结构

我们走进一片郁郁葱葱的森林时,会发现森林里的植物分布错落有致。有些植物高大挺拔,有些植物层层叠叠,就连地被表面上也常常会有矮小的苔藓等。那么,森林中各种植物的分布有没有规律呢?



积极思维

森林中植物的分布有规律吗?

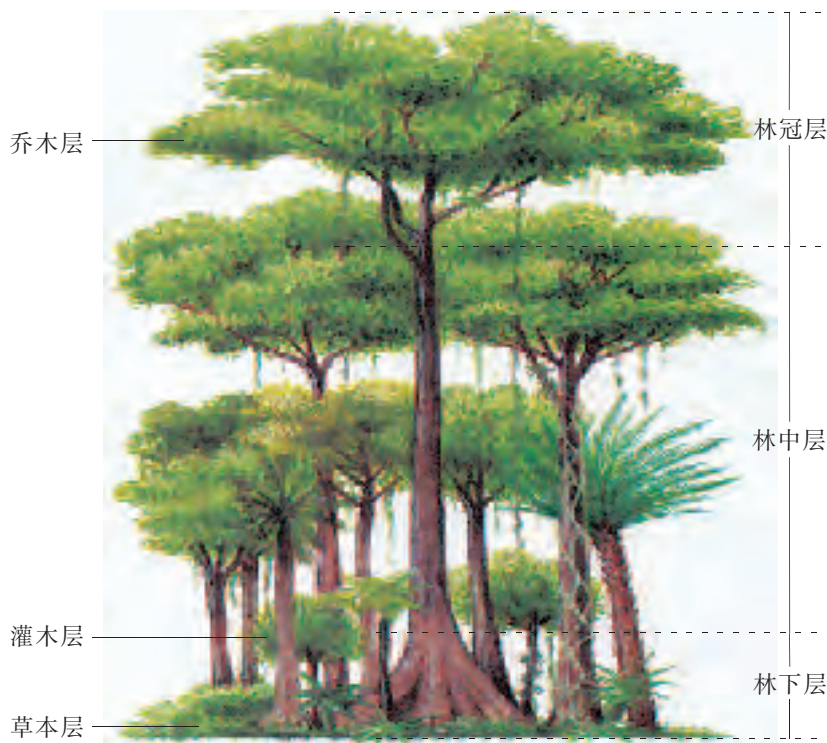


图 2-1-1 森林群落中植物的分层现象模式图

事实:

1. 森林中的植物由高到低可依次分为乔木层、灌木层、草本层等层次(图 2-1-1)。林冠层主要由乔木层的上部组成,林中层主要由小乔木和较大的灌木组成,林下层主要为灌木层与草本层。

2. 在茂密的森林中,由于阳光从上到下逐渐由强变弱,林冠层的乔木能接受较强的阳光,林冠层下的灌木和小乔木能利用较弱的阳光,灌木层下的草本则只能利用更弱的阳光,草本层下还生活着耐阴的苔藓等。

思考:

1. 分析 森林中不同的植物种群占据不同的空间,这与什么生态因子的影响有关?

影响有关?

2. 推测 根据已有的知识和经验,说出森林的各层次中还可能分布着哪些动物。

通过观察我们会发现,森林中植物的分布是有规律的,其决定因素是环境条件。其实,无论在什么样的环境中,生物种群的分布都是有规律的,也就是说生物群落有一定的结构。一个生物群落具有怎样的结构呢?

## 生物群落具有水平结构和垂直结构

群落(community)是特定空间或生境中各种生物种群所构成的集合。群落中的所有生物,包括动物、植物和微生物的各个种群都具有一定的功能,它们相互依存、相互制约,在进化过程中相互作用,形成一定的群落结构。群落结构主要有水平结构(horizontal structure)和垂直结构(vertical structure)两种类型。

### 群落的水平结构和垂直结构

群落中的各个种群在水平方向上的配置状况或水平格局称为该群落的水平结构。除人工群落外,陆地群落的水平结构在多数情况下呈现不均匀的片状分布,形成植物群落水平结构的镶嵌特征。在自然环境中,植物个体因受到光照的强弱、地形的差异、湿度的不同和动物的活动等影响,在水平方向上分布不均匀,使群落在外形上表现为斑块相间。每一个斑块可以看作是一个小群落,形成群落的镶嵌特性。

群落的垂直结构是指群落垂直分化形成的群落分层现象。例如,在北方针叶林区,林冠层栖息着交嘴雀,林中层栖息着山雀、啄木鸟、松鼠和貂,林下层栖息着花栗鼠、黄鼬和榛鸡。虽然许多动物可以同时栖息于几个不同的层次,但多数动物具有一个最适的栖息层次。

### 影响群落结构的因素

很多因素会影响生物群落的结构。以陆地群落为例,其中的植物分层主要受到阳光的影响,与光合作用有关;而动物分层现象主要与群落的不同层次可提供不同的食物和特定的栖息环境等有关。因此,不同种群之间的竞争和捕食等关系在群落结构形成中具有重要作用。例如,在云杉树上栖息着三种雀,它们因生活习性的不同占据树上不同的空间位置,这是因竞争而形成的三种雀的共存关系(图 2-1-2)。



生物种群在垂直方向上占据不同的空间,你能举出自己日常观察到的实例,说明群落的垂直结构吗?



图 2-1-2 云杉树上的三种雀位置示意图



除了生态位的分化，你能举例说明还有哪些因素会影响群落的结构吗？

生态系统中一个种群在时间、空间上所占据的位置及其与相关种群之间的功能关系称为生态位 (ecological niche)。图2-1-2中云杉树上的三种雀占据了不同的生态位，反映了一个群落中的相关生物种群通过竞争形成的共存关系。

任何一个种群在生物群落或生态系统中都会占据一定的生态位。在一个群落中，往往有一些种群在数量、长势上占有一定的优势，而成为群落中的优势物种。群落中生态位相似的种群之间常存在竞争关系。竞争的结果，可能是其中一个种群趋于灭绝，也可能是通过生态位发生分化而减少或排除了相互竞争，使不同种群共存下来。生态位的分化提高了生物利用环境资源的能力。



## 边做边学

### 调查和分析池塘生物群落中某种植物的生态位

#### 实践：

1. 每个小组选择当地一个典型的池塘生物群落作为调查对象，利用温度计、pH试纸、水深测量仪等测量工具记录池塘环境中的各种生态因子。

2. 各小组记录池塘生物群落中的植物组成，如芦苇、香蒲、莲和浮萍。注意观察池

塘水面下是否还有水绵等其他植物。

3. 搜集资料，了解种群之间的相互关系，分析某种植物(如浮萍)占据的生态位。

#### 讨论：

在池塘生物群落中，浮萍占据什么样的生态位？分析其适应该生态位的原因。

捕食对群落结构的形成也有作用。例如，在一片草原上，野兔往往取食(捕食)竞争力强的草本植物，这样的捕食提高了草原上草的多样性和草原群落结构的复杂性。相反，如果野兔一直取食竞争力弱的草本植物，就会降低该草原生物的多样性和群落结构的复杂性。

生物群落的空间异质性(非均匀一致)也对群落的结构产生影响。例如，阳光分布的不均匀性是影响池塘中植物垂直分布的主要因素。在池塘沿岸的浅水区，阳光能够穿透水体，常有沉水植物如穿叶眼子菜(图2-1-3)、挺水植物如芦苇(图2-1-4)等有根植物生长；而离岸较远的深水区，表面有阳光透入，进行光合作用的藻类繁盛，浮水植物(如浮萍)也生长良好。池塘下层到底部，光照减弱甚至无光透入，植物一般难以生存。同样，阳光也是影响池塘中动物昼夜分布变化的重要因素。多数浮游动物是趋向弱光的，它们在白天光照增强时分布在较深的水层，而在夜间则上升到水体的表层活动。此外，不同季节的光照条件不同，也会引起浮游动物的垂直分布状况发生变化。



图 2-1-3 沉水植物——穿叶眼子菜



图 2-1-4 挺水植物——芦苇

## 群落随时间而改变

生物群落的结构不是静止不变的,会随着时间的推移而发生变化。群落的外貌是区分不同群落结构及类型的主要标志。例如,森林中的针叶林、落叶阔叶林、常绿阔叶林和热带雨林,都是根据群落的外貌区别出来的。

群落的外貌常常随时间的推移而发生周期性的变化,这是群落结构的重要特征。随着气候季节性交替,群落呈现不同的外貌,这就是季相(aspect)。例如,在温带草原群落中,一年常分为四个季相:春季,气温回升,植物开始发芽生长,草原返青;夏季,水分充沛,温度适宜,植物生长旺盛,百花盛开,色彩丰富;秋季,植物开始干枯休眠,呈红黄相间的秋季景象;冬季,草原常是一片枯黄(图 2-1-5)。



热带地区的群落是否存在季相?你能通过举例阐述自己的观点吗?



春季草原



夏季草原



秋季草原



冬季草原

图 2-1-5 温带草原群落的四个季相



植物在生长过程中,茎、叶、花和果实的形状和色彩都会随季节变化而变化。配置园林植物如能利用植物季相所展现出的较高观赏价值和鲜明特色,就会给人以时令的启示,表现出园林景观中植物特有的艺术效果。例如,春季山花烂漫,夏季荷花映日,秋季硕果满园,冬季红梅傲雪。在局部区域还可以突出一季或两季特色,以采用单一种类或几种植物成片种植的方式为主。例如,杭州西湖的“柳浪闻莺”是春景,“曲院风荷”是夏景,“满陇桂雨”是秋景,“孤山踏雪赏梅”是冬景。在园林中,也可以用不同花期的树木混合配置、增加常绿树木和草本花卉等方法来延长观赏期。例如,无锡梅园在梅花丛中混栽桂花,春季观梅,秋季赏桂,冬天还可以看到桂叶常青;杭州花港牡丹园以牡丹为主,配置杜鹃、红枫、黄杨、紫薇和松树

等,增强了景观效果(图 2-1-6)。



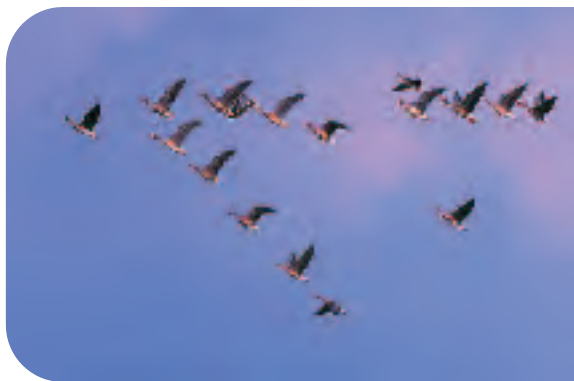
图 2-1-6 杭州花港牡丹园

植物的季相景观在被赋予人格后,更易为人们所认同。因此,对植物季相特色的理解,更大程度上是一种文化沉淀。“停车坐爱枫林晚,霜叶红于二月花”“已是悬崖百丈冰,犹有花枝俏”等大量的诗词作品中,季相景观被生动地描绘,为世人所传诵。

### 问题与讨论

随着不同植物开花期的交替出现,与之相联系的昆虫也依次更替着。分析这种现象对它们的生存各有什么益处。

一些动物的季节性变化也十分明显(图 2-1-7)。许多大雁种群在冬季来临前会向南方迁飞,在食物比较充足的地方越冬;角马会在食物短缺的旱季,长途迁徙,寻找新草场;旱獭、黄鼠、大跳鼠和仓鼠等草原啮齿类动物冬季会进入冬眠,而有些动物在炎热的夏季则进入夏眠。动物的这些季节性变化是对环境变化的适应。



大雁迁飞



角马迁徙

图 2-1-7 草原群落中动物的季节性变化

## 本节练习

### 一、思辨题

1. 一些学生在观察黄山植被情况以后,对生物群落的结构内容有了进一步的认识。下列认识中不符合真实情况的是 ( )

- A. 群落中不同种群的植物生活在一定的生态位上
- B. 群落垂直方向上的分化形成了群落的垂直结构
- C. 群落随季节或气候变化会呈现不同的季相
- D. 群落的垂直结构不会影响动物在群落中的分布

2. 我们能观察并描述自己所在校园的生物群落中有哪些生物吗? 这些生物之间有什么相互关系? 这些群落的构成受到哪些因素的影响? 最主要的影响因素是什么?

### 二、应用题

1. 在我国北方地区的红松林中,常出现绣线菊、舞鹤草等植物,以及松鼠、金龟子等动物。除上述物种外,红松林中还会有哪些生物种群? 这些生物种群之间存在怎样的种间关系? 它们又是如何构成复杂的红松林群落的?

2. 鲢鱼、鳙鱼、草鱼和青鱼被称为我国的“四大家鱼”(右图)。鲢鱼生活在水域上层,以绿藻等浮游植物为食;鳙鱼栖息在水域的中上层,以水蚤等浮游动物为食;草鱼和青鱼都栖息在水域中下层,但草鱼以水草为食,青鱼以螺蛳和蚌等为食。

(1) 四大家鱼在生存空间上各得其所、在食物来源上各取所需,它们与其他生物在同一水域中形成了怎样的群落结构?

(2) 从影响群落结构的非生物因素、生态位及种间关系等角度,说明我国劳动人民对这些鱼进行混合养殖的原理和应用价值。

(3) 若在实际养殖时去除鲢鱼,养殖塘中可能会出现什么现象? 为什么?



如果你想要更多地了解与生物群落结构有关的知识,请参考下列资料。

杨持. 生态学. 3版. 北京:高等教育出版社,2014.

第六章 生物群落的组成与结构 第二节 群落的结构

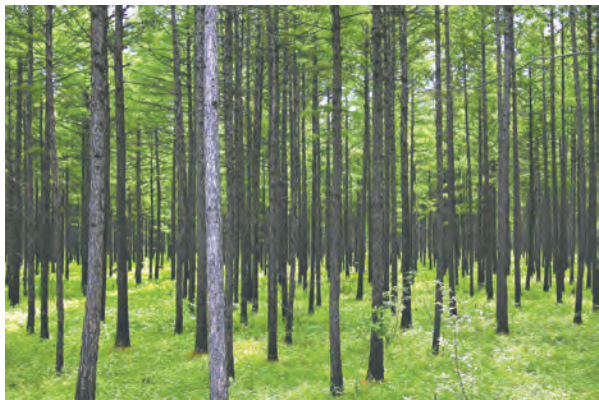


## 植物群落的层片结构

瑞典植物学家加姆斯(H. Gams)在20世纪初提出,植物群落的层片划分为三级:一级层片,即同种个体的组合;二级层片,即同一生活型的不同植物的组合;三级层片,即不同生活型的各种类植物的组合。同一生活型的植物在形态结构、形成条件上是相似的,甚至某些生理过程也具有相似性。层片结构是在群落产生和发展过程中逐步形成的,是植物群落结构的一种基本单位。

在生态学中层片与层的概念是不完全相同的,但层片有时和层是一致的。例如,分布在大兴安岭的兴安落叶松纯林(左图)中,兴安落叶松组成了乔木层,它同时也是该群落的落叶针叶乔木层片。在混交林中,乔木层是一个层,但它由阔叶树种层片和针叶树种层片两个层片构成。在实践中,层片的划分比层的划分更为重要,但层的划分往往是区分和分析层片的第一步。

植物群落分层和形成层片结构,能更有效地利用环境资源,减弱种间竞争强度。所以,多层或层片的群落生产力也较单层或层片的群落生产力大。生物学家对层与层片结构研究的成果,对我们构建人工生态系统或人工群落时有效利用环境资源有积极意义。



兴安落叶松纯林



## 第二节 生物群落的类型

我国早在 1958 年就建立了西双版纳自然保护区。西双版纳热带雨林中的“绞杀现象”“独木成林现象”“板状根现象”“地面根现象”……令人叹为观止。而这些神奇现象都是不同植物种群适应热带雨林特殊环境的结果。请跟随我们的脚步,走进热带雨林,看一看其中高大的树木是如何与其环境相适应的吧!



积极思维

热带雨林中高大的树木是如何适应环境的?

事实:

1. 热带雨林湿热多雨,土壤深层缺乏空气,因此植物的根系很难深入土层深处。而热带雨林中的树木有些高达 30~40 m,树冠也很宽大,如果没有强有力的根支撑,很容易发生倒伏。

2. 热带雨林中高大的树木常具有发达的板状根或地面根等,它们具有支持和稳定植物地上部分的作用(图 2-2-1)。



图 2-2-1 热带雨林中高大树木的板状根(左)或地面根(右)

思考:

**推理** 热带雨林中高大的树木除了板状根或地面根外,还有哪些形态结构或生理特征是与热带雨林的环境条件相适应的?

热带雨林中高大的树木对其生存环境的适应是如此的“浑然天成”,说明达尔文“适者生存”的观点是正确的。热带雨林是一种生物群落,那么,地球上还有哪些主要的生物群落?这些生物群落各有什么特征?

## 多种多样的生物群落

因受地理位置、气候、地形和土壤等因素的影响,地球上的生物群落多种多样。根据生活环境的不同,可以将群落分为陆地生物群落和水生生物群落。其中陆地生物群落主要分为森林生物群落、草原生物群落、荒漠生物群落和苔原生物群落。

### 森林生物群落

森林生物群落可以分为热带雨林、亚热带常绿阔叶林、温带落叶阔叶林和北方针叶林等主要类型(图 2-2-2)。



热带雨林



亚热带常绿阔叶林



温带落叶阔叶林



北方针叶林

图 2-2-2 常见的森林生物群落类型

热带雨林分布在赤道附近低海拔、高温、多雨地区,是由热带生物种群所组成的一类森林生物群落。热带雨林结构复杂,其中的动物类群十分丰富,如小型树栖动物和昆虫。

亚热带常绿阔叶林在我国分布最广,主要植物为终年常绿的阔叶林,植被不如热带雨林繁茂,但分层现象显著,动物种类较为丰富,有金丝猴等多种动物。

温带落叶阔叶林四季分明,群落的主要植物在春夏季长叶,秋冬季落叶,其群落的垂直结构分层明显。温带落叶阔叶林中的动物有獾、棕熊、野猪等。

北方针叶林主要由耐寒的针叶乔木组成,群落结构简单。北方针叶林中的动物有驼鹿、松鼠、松鸡等,这些动物活动的季

节性明显,有的种类冬季南迁,多数种类冬季休眠,或休眠与贮食相结合。

### 草原生物群落

草原包括热带草原和温带草原等(图 2-2-3)。热带草原分布在热带干燥地区,以喜高温、早生的草本植物为主,并稀疏散布有耐旱、矮生的乔木等。热带草原上生活着大量的植食性动物(如长颈鹿),同时生活着一些肉食性动物(如狮子、猎豹)。

温带草原分布于中等程度干燥且较寒冷的地区,植被分层简单,以耐寒的草本类占优势。在温带草原上生活的动物有的善于奔跑(如有蹄类),有的善于掘洞和营地下生活(如啮齿类),有的具有迁徙的习性(如雁鸭类)。



热带草原



温带草原

图 2-2-3 常见的草原类型

### 荒漠生物群落

荒漠(desert)分布在亚热带和温带的气候干燥、降水量极少、蒸发强烈、风力作用强劲的地区(图 2-2-4)。在荒漠生物群落中,散生着一些特别耐旱的植物,如猪毛菜,它们的叶小或退化,以小枝或茎进行光合作用。荒漠中的动物多数耐旱(如鼠类、蚁类),也有冬季和夏季休眠或者贮存大量食物以备越冬的习性。



图 2-2-4 荒漠

### 苔原生物群落

苔原(tundra)又称冻原(图 2-2-5),主要分布在高纬度和高海拔的寒冷地区。我国的高山苔原主要分布在长白山和阿尔泰山西部高山带。苔原一般冬季寒冷漫长,夏季凉爽短暂,风力强劲,地下常有永冻层。苔原生物群落的优势植物有苔藓和地衣等。苔原生物群落中动物种类贫乏,主要有驯鹿、北极狐、狼和旅鼠等。



图 2-2-5 苔原

## 知识链接

### 淡水生物群落

淡水生物群落包括生活在湖泊、池塘、河流中的生物群落。淡水生物群落通常是互相隔离的,一般分为流水生物群落和静水生物群落两大类。

流水生物群落又可分为急流和缓流两类。急流群落中水的含氧量高,水底没有污泥,栖息在那里的生物多附着在岩石表面或隐藏于石下,以防止被水冲走,通常有根植物难以生长。缓流群落的底层

易缺氧,水底多污泥,游泳动物很多,底栖生物种类多生活于底层的基质中。

静水生物群落分为若干带。沿岸带阳光能穿透到底,常有有根植物生长;湖沼带有阳光透入,能有效地进行光合作用,有丰富的浮游植物;深底带由于没有光线,自养生物不能生存,消费者的食物依赖于沿岸带和湖沼带下沉的食物颗粒。

## 物种丰富度

一个生物群落中物种多样性的变化,必然造成群落的动态变化。了解这种变化一般需要进行物种丰富度的测定。

物种丰富度(species richness)主要是指一定空间范围内物种种类的数量,可以表示生物群落中物种种类的丰富程度。例如,有甲、乙两个群落,每个群落中生物的个体数量都为100,甲群落中物种的数量为10,乙群落中物种的数量为4。虽然甲、乙两群落生物的个体数量相同,但甲群落的生物种类多于乙群落,所以甲群落的物种丰富度更大。科学家研究了我国从东北到华南地区木本植物的丰富度,发现越靠近热带地区,单位面积内的物种越丰富。

那么,如何测定一个生物群落的物种丰富度呢?常用的方法主要有记名计算法、目测估计法和样方法。

### 记名计算法

在研究分布范围较小而生物个体较大的生物群落的物种丰富度时,常采用记名计算法,即在一定面积的样地中,直接记录物种的名称和数量。例如,测定校园中木本植物的物种丰富度可采用记名计算法。

### 目测估计法

对一块植物个体数量较多而植物体型较小的样地进行物种丰富度研究时,常采用目测估计法,即按照预先确定的多度等级来估算样地中个体数量的多少。多度等级一般用“很多”“多”“较多”“较少”“少”和“很少”来表示。

### 样方法

前面学到的测定种群密度的样方法也是测定物种丰富度的重要方法。当然,在采用样方法测定物种丰富度时,重点测定的是物种种类的数量,即单位空间中的物种数,而不是某物种的个体数量。



## 走进实验室

### 测定土壤动物的物种丰富度

一些土壤动物是自然界的分解者，另一些土壤动物是以其他生物为食物的消费者。土壤动物对环境变化反应敏感，它们的物种组成和种群密度会随着环境的变化而改变。土壤动物是环境监测的指示动物。生态学上常采用一定的方法测定土壤动物的物种丰富度。由于无法准确到物种，本活动主要测定动物类群的丰富度。

#### 实验目的

测定土壤中动物类群的丰富度。

#### 实验原理

尝试采用样方法测定动物类群的丰富度。

#### 实验器材和试剂

酒精、吸虫器、采集罐、筛子、镊子、小铲等。

#### 实验步骤

##### 1. 背景资料：

土壤动物一生或其中某个阶段在土壤中生活，按照体型不同，一般将土壤动物分为四大类。

微型土壤动物：体长在  $100\ \mu\text{m}$  以下，肉眼几乎看不到，如原生动物。

小型土壤动物：体长一般为  $0.1\sim 2\ \text{mm}$ ，肉眼观察比较困难，如线虫。

中型土壤动物：体长一般为  $2\sim 3\ \text{mm}$ ，大部分体型较小，如圆跳虫。在野外需要使用吸虫器采集这些动物。

大型土壤动物：一般生活在浅层土壤中，肉眼可见，如蚯蚓、蜈蚣、马陆和鼠妇（图 2-2-6）。在野外主要使用采集罐、筛子和镊子采集这些动物。



蚯蚓



蜈蚣



马陆



鼠妇

图 2-2-6 大型土壤动物示例

**建议:**实验时可根据采样土壤中采集的土壤动物类型,确定以中型或大型土壤动物为研究对象。

2. 确定样方与取样:在确定的某一地域内随机选取 3~5 个样方(50 cm×50 cm×15 cm),采集样方内的落叶和土壤。研究土壤动物类群的丰富度时,一般采用取样器(如镊子、吸虫器、采集罐和筛子)进行取样(见技能指导)。本次活动以中型或大型土壤动物为研究对象。活动时可将其中的大型或中型土壤动物放入采集罐,罐内盛放体积分数为 70% 的酒精。

**建议:**选择样方时应注意尽量不要破坏环境。

3. 样本鉴定:根据有关资料,分拣、鉴定标本。

**建议:**本活动仅仅是一次学习活动,一般不可能鉴定出全部具体的物种。活动时可将不同种的鼠妇算作一个类群,不同种的蚯蚓算作一个类群。

4. 结果统计:通过统计样方中的土壤动物类群和数量(参照目测估计法中的物种丰富度状况的表示方法),确定土壤动物类群的丰富度。估算某一地域内土壤动物类群的丰富度,填写表 2-2-1。

表 2-2-1 \_\_\_\_\_ 地区的土壤动物类群的丰富度

样方	动物种类				动物类群的丰富度
	动物 A 的名称与数量	动物 B 的名称与数量	动物 C 的名称与数量	……	
1					
2					
……					

## 结果与分析

根据数据,确定某样方中土壤动物类群的丰富度。

样方中土壤动物类群的丰富度状况受样地环境中哪些生态因子的影响?

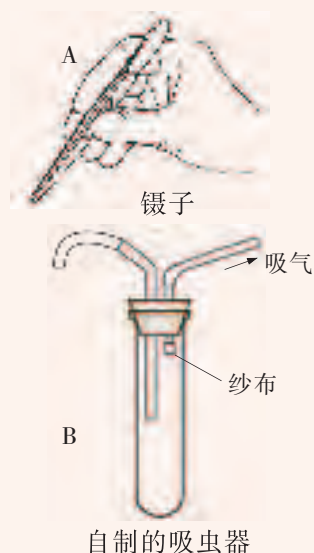
## 技能指导

### 采集土壤动物的器具

在测定土壤动物类群的丰富度而采集动物时,要注意安全。一般不宜直接用手抓取,避免被动物咬伤或蜇伤。

采集大型土壤动物(如蚯蚓、鼠妇)时,可以采用镊子直接夹取(右图 A)。

采集中、小型土壤动物时,常常需要使用吸虫器。如果无法购买到现成的吸虫器,可以自制简易的吸虫器。制作采集小型土壤动物的吸虫器(右图 B)时,可取一支试管作为吸虫器的主体部分,配备一个橡胶塞(带双孔)和玻璃管、乳胶管若干等。在吸气玻管的一侧用纱布扎口,可避免将虫体吸入口中。制作采集中型土壤动物的吸虫器时,可用烧瓶代替试管。



虽然调查生物群落的物种丰富度主要是测定群落中物种的数量,但不管采用哪种方法进行物种丰富度测定,一般都会同时对每个物种的种群密度进行记录。

研究生物群落的物种丰富度,目的是调查资源状况,提高资源利用率,实现人与自然的可持续发展。

### 不同群落中的生物与环境相适应

不同的环境中有不同的生物群落,以针叶林生物群落、荒漠生物群落和草原生物群落为例,不同群落中的生物具有与该群落环境相适应的形态结构、生理特征和分布特点。

#### 针叶林生物群落与环境相适应

我国的东北地区,夏季短促,温热多雨;冬季漫长,寒冷干燥。那里分布着主要由云杉、冷杉和落叶松等裸子植物组成的广袤的针叶林群落。生活在该群落中的动物一般都具有耐寒性,且能适应林中生活。由于冬季酷寒,地表积雪深,许多动物也有一些特殊的适应特性。例如,雷鸟深色带斑的鸟羽在冬季会更换为白色,有利于隐匿自己;驯鹿的腿长,蹄宽,每个趾瓣均能张开与地面接触,可避免在冰雪上活动时摔倒或陷入松软的雪中(图 2-2-7)。



如果一个针叶林生物群落某年因气候反常导致降雪时间推迟,你能推测当地的动植物会受到哪些影响吗?



雪地中的雷鸟



雪地中的驯鹿

图 2-2-7 动物对雪地环境的适应

#### 荒漠生物群落与环境相适应

即使在环境恶劣、人迹罕至的荒漠,仍然可以看到坚韧不拔的生命现象,这是生物与环境相适应的体现。



### 边做边学

### 搜集荒漠生物群落中生物适应环境的资料

#### 实践:

1. 分小组搜集荒漠生物群落中优势物种与环境相适应的资料。
2. 每个同学根据兴趣选择参加相关小组,并与同组其他同学分工合作。
3. 搜集资料时不追求面面俱到,但要重

- 点突出,如明确是搜集植物还是动物的资料。
4. 整理资料,并与本组同学交流。

#### 讨论:

荒漠生物群落的物种在形态结构、生理特征方面是如何适应该群落环境的?



荒漠环境供水量少,其中的植物大多耐旱耐盐。有些植物的叶面角质层厚,气孔下陷且密度小;有些植物叶面具有细密的绒毛,可减少蒸腾作用;有些植物叶面积很小,甚至呈细棒状;有些植物近乎无叶,以绿色的茎进行光合作用。

荒漠往往有很长的无雨期。一些植物的叶和茎肥大而且能储水,一旦遇到降雨就大量吸收水分,以备干早期利用。一些植物根系的深度、幅度比地上部分的高度、幅度大几倍至几十倍。还有一些植物具有两层根系,即在土壤表层中有一层根系,可以利用降雨时渗入土壤表层的水分;在稍深的土层里又有一层根系,可以在干早期利用土壤深层保存下来的水分。

荒漠中的植物和动物都能适应荒漠中干旱少雨的环境,如仙人掌和野骆驼等(图 2-2-8)。



仙人掌



野骆驼

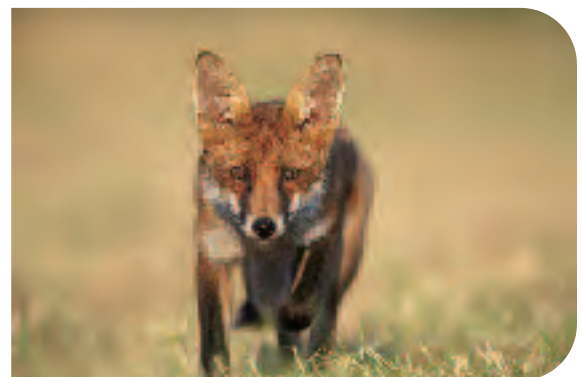
图 2-2-8 荒漠中的动植物举例

#### 草原生物群落与环境相适应

我国内蒙古和新疆一带的草原,昼夜温差大,季节温差也大,雨量稀少,土质贫瘠,缺乏高大乔木,耐干旱的草本植物特别茂盛。以草本植物绿色部分为食的啮齿类动物相对繁盛,它们在开阔的草原上集群活动,在地下洞穴中生活,会贮存粮食和蛰伏越冬。以啮齿类动物为食的中小型肉食性动物,如黄鼬、赤狐也属于典型的草原动物(图 2-2-9)。



黄鼬



赤狐

图 2-2-9 草原上的动物举例

## 本节练习

### 一、思辨题

1. 生物群落的类型可以从许多方面进行描述,自然条件下不会出现的情况是 ( )

- A. 生物群落的物种组成能反映生物群落类型的差异
- B. 不同类型的生物群落中的生物具有与对应的环境相适应的特征
- C. 同一气候条件下的生物群落类型完全一致
- D. 环境改变会影响生物群落中的物种组成

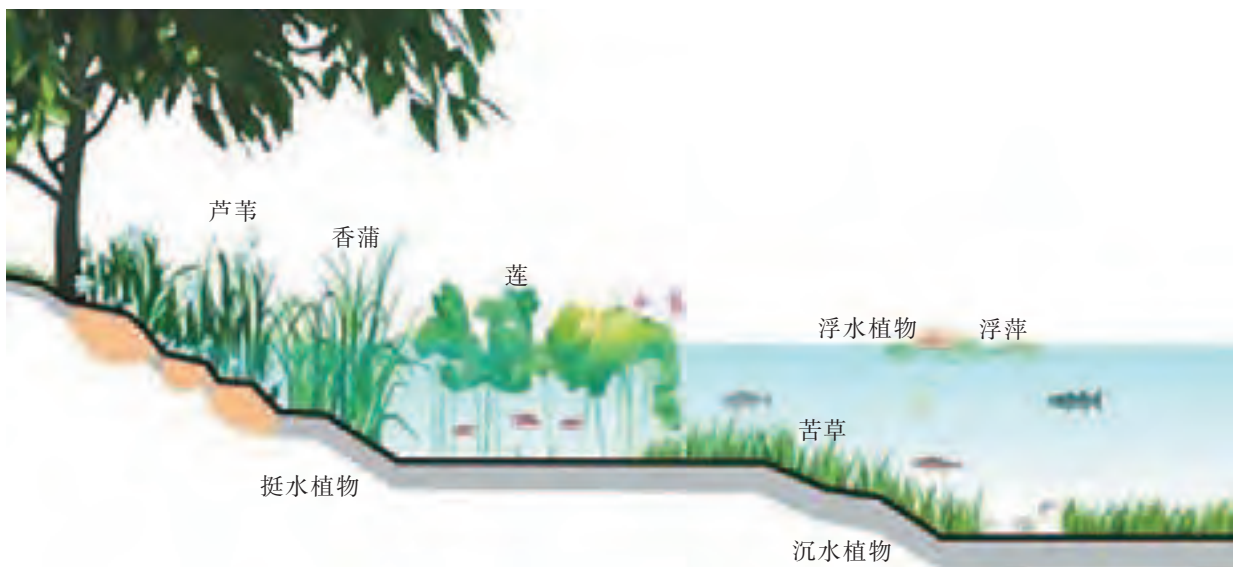
2. 浮萍(右图)漂浮在水面上生活。有人认为浮萍根的生理功能已经不再是吸收水分,而是维持平衡,即避免风吹浪打时浮萍被掀翻。尝试结合所学的物理学知识设计一个探究实验,验证这一假设的正确性。



浮萍

### 二、应用题

仔细观察下图所示的生长在池塘中的莲、苦草和浮萍等植物。



池塘植物示意图

有人对该池塘中的沉水植物群落和浮水植物群落进行了研究,发现两个群落中的植物在三个方面具有明显的差别。他们把通过实验搜集到的证据整理成下表。

沉水植物和浮水植物的比较

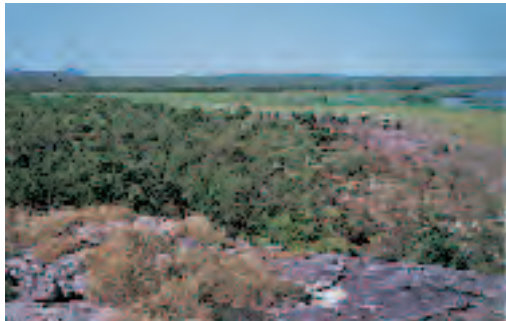
比较项目	沉水植物	浮水植物
叶表皮的角质层	无	较薄
叶表皮上的气孔数量	上、下表皮均无	上表皮有,下表皮无
叶肉的组织分化	无	有

(1) 为什么浮水植物叶的上表皮有气孔,而下表皮无气孔? 为什么沉水植物叶的上、下表皮均无气孔? 为什么沉水植物的叶表皮无角质层?

(2) 尝试推理挺水植物在“叶表皮的角质层”“叶表皮上的气孔数量”和“叶肉的组织分化”三方面的情况。

(3) 推理不一定正确,需要通过实验来验证。如果推理是“挺水植物叶的上表皮气孔少,而下表皮气孔多”,那么,我们如何设计实验来验证呢?

## 群落交错区与边缘效应



两个草原群落之间的边缘效应

群落交错区又称为生态交错区，是两个或多个群落之间的过渡区域。在森林和草原之间有森林草原交错区，在两个不同森林类型之间或两个草原群落之间也都存在交错区。群落交错区有的宽，有的窄；有的是逐渐过渡的，有的是突然变化的。群落交错区有的相对持久，也有的不断变化。

在群落交错区内出现物种数目和种群密度增大的现象称为边缘效应(左图)。群落交错区往往包含两个重叠群落的一些物种以及交错区本身所特有的物种，这是因为群落交错区的环境条件比较复杂，能为更多的动物提供食物、营巢和隐藏的条件。例如，我国大兴安岭森林草原交错区，呈狭带状的林缘草甸，每平方米的植物种数超过30种，物种丰富度明显高于群落交错区两侧的森林群落与草原群落。

边缘效应在人类生产中有着广泛的应用。目前，人类活动正在大范围地改变着自然环境，如城市的发展、厂矿的建设、土地的开发。这些活动都使原有景观的界面发生变化，形成许多交错区。

充分关注这些新的交错区在控制不同系统之间物质、能量与信息流通方面的作用，将对环境保护和可持续发展产生重要影响。



## 第三节 生物群落的演替

我们可能留意过,周围的生物群落并不是一成不变的,它们会随着昼夜的变化、季节的交替、年际的更迭等发生改变。随着时间的推移,生物群落中一些原有的物种消失了,另一些物种出现了,甚至会出现“沧海桑田”的巨大变化。那么,我们能在较短时间内观察到一个生物群落的变化吗?



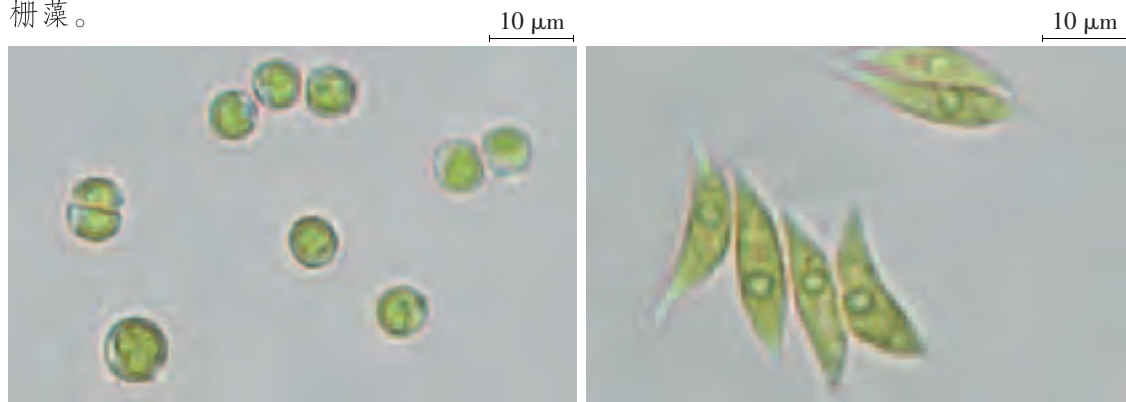
积极思维

从一滴池塘水中能观察生物群落的变化吗?

事实:

1. 在水族箱中加入适量的池塘水,形成一个小型水体环境。将上述装置放在温暖而没有阳光直射的窗台上。

2. 每天用滴管吸取水族箱中的一滴池塘水,制成临时玻片标本。用显微镜观察 5 个视野,统计每个视野中藻类的种类及其个体数量,取其平均值。连续观察 7 天,做好实验现象和实验数据的记录。图 2-3-1 为某同学在第 1 天与第 7 天分别观察到的结果:池塘水中藻类的优势种由球藻转变成了栅藻。



第 1 天,池塘水中主要是球藻

第 7 天,池塘水中主要是栅藻

图 2-3-1 池塘水中藻类优势种的变化

思考:

分析 根据观察结果,分析哪些因素会导致池塘水中藻类优势种发生变化。

上述观察实验说明,生物群落中物种的种类和数量是随着环境的变化而发生相应变化的。在自然界里,生物群落的这种变化是普遍存在的。那么,一个群落是如何演变为另一个群落的呢? 哪些因素会影响这种演变呢?

## 群落的初生演替和次生演替

生物群落是一个动态系统,会受到内外因素的影响。当组成群落的一些物种消失时,其所占据的空间就会被另一些物种所替代,甚至导致群落类型发生变化。像这样,在生物群落发展过程中,随着时间的推移和空间分布的变化,一个群落替代另一个群落的演替过程,称为群落的演替(succession)。在演替过程中,群落的变化往往会遵循一定的规律。

在从未有过植物生长或虽有过植物生长但已被彻底毁灭了的裸地(如沙丘、火山岩、冰川泥)上发生的演替,称为初生演替(primary succession)。

以火山裸地(图 2-3-2)上发生的初生演替为例,借助风力和水力,地衣往往首先来到火山裸地上。

### 地衣群落阶段

在贫瘠干燥的岩石表面,地衣(图 2-3-3)往往会成为初生演替中的第一批物种,被称为先驱物种。地衣分泌的有机酸腐蚀坚硬的岩石表面(生物风化作用),再经过自然风化,坚硬的岩石表面逐渐变得松散,形成含有有机物的岩石小颗粒。在这个阶段中,会逐渐有一些微小动物出现。



回顾一下初中阶段所学知识,你能说出什么是地衣吗?



图 2-3-2 火山裸地

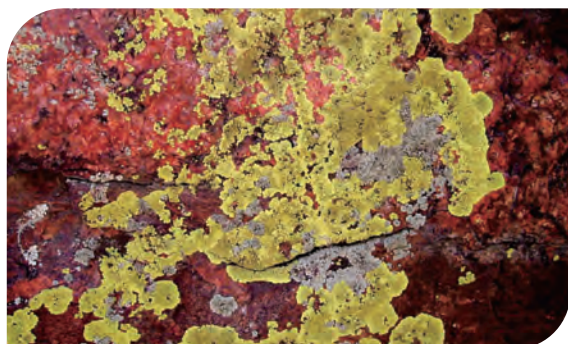


图 2-3-3 地衣群落阶段

### 苔藓群落阶段

地衣对岩石的生物风化作用和自然风化作用为苔藓群落(图 2-3-4)的出现创造了条件。苔藓的生长加强了对岩石表面的改造作用,使岩石小颗粒积累更多的有机物,加速土壤的形成,其中的微生物群落也随之增多。在这个阶段中,腐食性动物和植食性无脊椎动物会更多地出现。



回顾一下初中阶段所学知识,你能举例说出常见的苔藓种类吗?

### 草本群落阶段

随着群落演替继续向前发展,耐旱的植物种类开始侵入。禾本科、菊科、兰科等种子植物的生长对环境的改造作用很大,群落形成了更有利于草本植物生长的小气候和土壤条件(图 2-3-5)。在这个阶段中,多种昆虫、一些小型哺乳动物(如啮齿类)开始进入群落并在此繁衍。



图 2-3-4 苔藓群落阶段



图 2-3-5 草本群落阶段

### 灌木群落阶段

草本群落发展到一定阶段,一些喜阳的灌木开始出现。一开始灌木与草本植物混生,接着灌木的种类和数量增加,取代部分草本植物,逐渐形成以灌木为优势物种的群落(图 2-3-6)。灌木丛为鸟类等动物提供了丰富的食物资源和栖息场所。

### 乔木群落阶段

灌木群落发展到一定阶段,为乔木群落(图 2-3-7)的形成提供了良好的环境。喜阳的乔木开始增多,灌木群落逐渐演变,最终形成与当地气候条件相适应的,以乔木为优势物种的群落。在这个阶段中,大型动物开始侵入、定居、繁殖,动物群落逐渐变得丰富起来。



图 2-3-6 灌木群落阶段

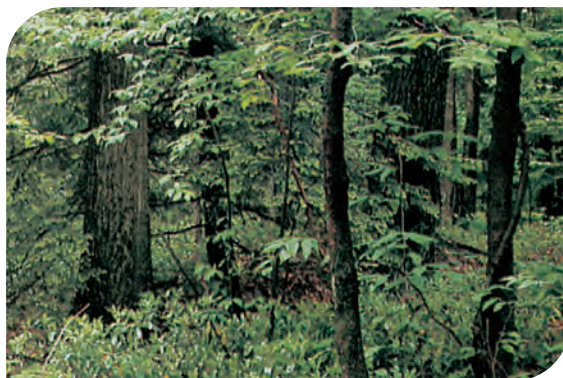


图 2-3-7 乔木群落阶段

和上述火山裸地一样,在初生演替过程中,任何一个生物群落的形成和发展,都包含着植物繁殖体(种子等)侵入裸地,并经历定居、生长、繁殖和物种增多的过程。这一过程是群落形成的必要条件,也是群落演替的基础。

一个群落在演替过程中,若受到突发的自然事件(如火灾)或人为事件(如弃耕)的干扰,群落中的植被就会遭受严重破坏,甚至消失,但原有的土壤条件基本保留,原有植物的繁殖体仍有可能存在,进而进行新的演替,这种现象称为次生演替(secondary succession)。例如,过度砍伐的森林、火

灾过后的草原、弃耕的农田都会发生次生演替。图 2-3-8 显示了某个群落在遭受火灾后的近 200 年内发生次生演替的情况。

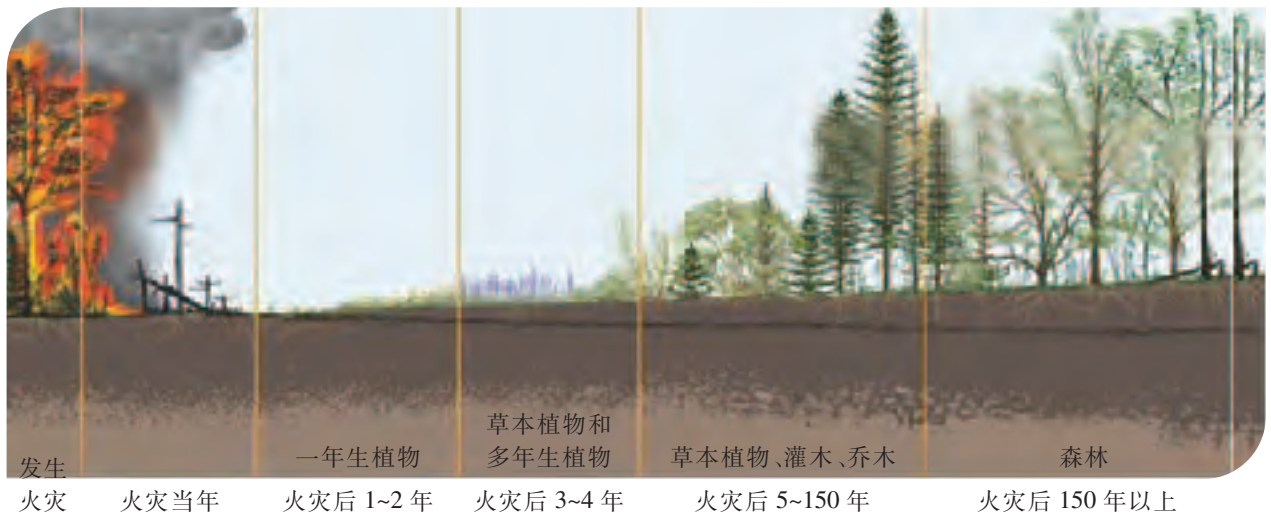


图 2-3-8 某个群落在遭受火灾后发生的次生演替过程

### 影响群落演替的因素

群落内部因素的变化是群落演替的根本原因。例如,在很多情况下,某植物群落内一个优势种群的过度发展可能导致群落内光照、温度和土壤养分状况发生改变,原有种群的内部环境变得越来越不适合该种群自身的发展,而这又为其他种群的发生和发展创造了有利条件。种内关系和种间关系的动态变化也是群落演替的催化剂。例如,随着新物种的侵入、定居,种内斗争和种间竞争加剧,还会导致其他物种的侵入,物种的更替促进了群落的演替。

群落外部环境因素的不断变化也常常引发群落演替。火灾、涝灾、病虫害、严寒等外界因素作用于群落,会影响甚至改变群落演替的进程。当然,群落自身的演替也会对外界环境产生影响,导致外界环境出现变化。

### 问题与讨论

组成一个群落的不同物种之间都存在特定的相互关系,这种关系会随着群落外部环境因素和群落内部因素的改变而不断地进行调整。

有人说,同一物种之间的相互关系不会影响群落的演替。如何用实例质疑这一观点?

人类对群落演替的影响很大,因为人类的生产活动通常是有意识、有目的的,对群落外部环境因素和群落内部因素具有

促进或抑制作用。人类能通过培育森林、管理草原和治理沙漠等方式建立人工群落。同样,人类放火烧山、砍伐森林(图 2-3-9)、开垦土地和建造水库等,也会使相关群落的面貌发生改变。总的来说,生物群落的演替是群落内部因素(如种内关系、种间关系)和外部环境因素综合作用的结果。



放火烧山



砍伐森林

图 2-3-9 人类活动影响生物群落演替的实例



## 放眼社会

## 退耕还林工程建设造就绿水青山

我国的退耕还林(草)工程始于 1999 年,是我国一项重要的生态建设工程。这是人类活动正向影响生物群落演替的重要实例之一。

以陕西吴起县为例,该县地处毛乌素沙漠南缘,曾是黄河中上游地区水土流失最为严重的县份之一。1998 年以来,吴起县立足县情实际,紧紧抓住国家西部大开发和退耕还林(草)等历史机遇,率先作出在全县范围内退耕还林(草)、封山禁牧的决定,在水土保持及退耕还林(草)工程建设上取得了重大成效,全县综合治理水土流失面积  $1.2 \times 10^5 \text{ hm}^2$ , 累计完成退耕还林(草)面积  $1.538 6 \times 10^5 \text{ hm}^2$ , 种草合格面积  $6.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,

成为全国退耕还林(草)面积最大的县。

2008 年,在继续抓好造林补植、调整林份结构、提高抚育管护,抓好绿化美化工作的同时,吴起县斥资 5 000 万元建设“退耕还林森林公园”。退耕还林工程的实施,使水土流失得到有效控制。全县的林草覆盖率已由 1997 年的 19.2%, 提高到目前的 62.9%; 土壤年侵蚀模数(土壤侵蚀强度分级的主要指标)由 1997 年的  $1.53 \times 10^4 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$ , 下降到目前的  $5.4 \times 10^3 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$ , 被称为黄土高原的“小江南”。

随着生态环境的好转,多年罕见的飞禽走兽重新出现,吴起县实现了山川大地由“黄”(沙漠)变“绿”(绿水青山)的历史性转变。



如果你想要更多地了解与群落的演替有关的知识,请参考下列资料。

李振基,陈小麟,郑海雷. 生态学. 4 版. 北京:科学出版社,2014.

第四章 群落生态学 第四节 生物群落的动态



## 本节练习

### 一、思辨题

1. 自然界中的生物群落一直处于演替之中。下列对生物群落演替的描述不恰当的是

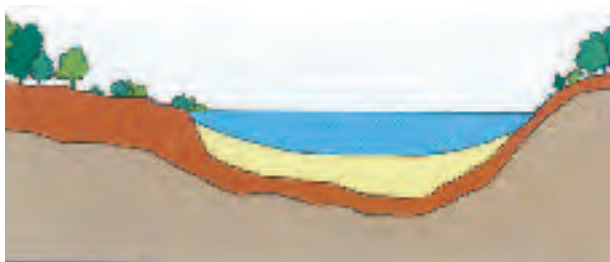
( )

- A. 影响演替的因素主要是群落内部因素的变化
- B. 演替的各个阶段都受温度、水分等因素的影响
- C. 演替达到最高阶段的群落不再发生变化
- D. 初生演替和次生演替的主要区别在于演替起点不同

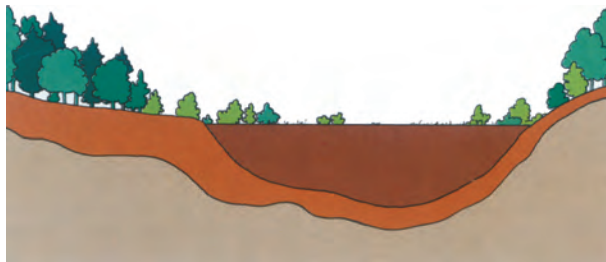
2. 尝试描述一片森林在火灾后发生的群落演替过程。

### 二、应用题

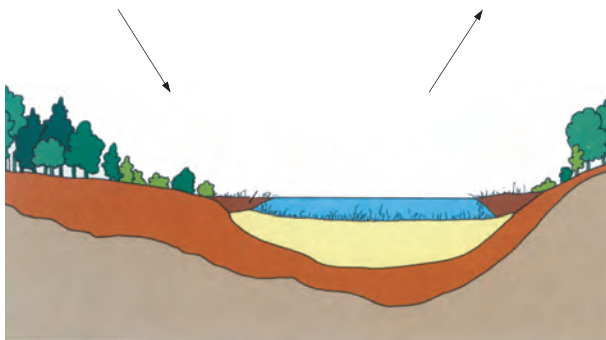
生物群落的演替是一个漫长的过程,也是一个不断变化的过程。下图为某湖泊生物群落演替过程中植物群落主要经历的三个阶段,即水生植物阶段、湿生植物阶段和陆生植物阶段。



1. **水生植物阶段** 漂浮生长的主要有浮萍、满江红和藻类等植物,沉于湖底生长的主要有金鱼藻、黑藻等植物。



3. **陆生植物阶段** 最先出现的植物是陆生的草本植物和灌木,随着乔木的入侵,群落逐渐演化为由多种植物构成的森林。



2. **湿生植物阶段** 在含有丰富有机物的湿地上,喜湿的沼泽植物(如莎草)开始在此生长。

某淡水湖泊生物群落演替过程中植物群落的变化示意图

(1) 上述演替属于初生演替还是次生演替? 理由是什么?

(2) 在上述湖泊演替过程中,哪些是影响群落演替的内部因素?

(3) 人类活动对生物群落的自然演替会产生正面影响,也会产生负面影响。试通过实例对上述湖泊演替过程中人类活动产生的影响加以说明。

## 生态恢复

生态恢复是当今生态研究的热点之一,已经受到许多国家生态学界的重视。生态恢复就是恢复生态系统合理的结构、高效的功能,从而达到生态系统自我维持的状态。生态恢复的主要内容可以概括为:从生态需求和社会需求出发,尽可能恢复生态系统的结构和功能;通过对物理、化学、生物,甚至社会文化要素的控制,带动生态系统的恢复,达到系统自我维持的状态。

生态恢复的本质是恢复生态系统必要的功能并使其能够自我维持。各国开展生态恢复的成功范例并不少见。其中,废弃矿区的生态恢复工程受到了普遍的重视(右图)。

20世纪六七十年代,英国的一些科学家通过改良土壤养分,筛选适宜的豆科植物等方法,将因工业废弃物堆积、采矿和工厂拆迁等导致的废弃地加以恢复,并针对废弃地的不同类型,因地制宜地将其改造成休闲娱乐场所或珍稀物种的栖息场所。

我国生态恢复的研究也取得了长足的进步。例如,我国科学家在广东小良、鹤山以及沿海侵蚀地上所开展的森林植被的恢复研究获得了较大成功。但与此同时,高速发展的经济对生态环境的破坏也时有发生。所以,治理环境、恢复生态的工作任重而道远。



生态被严重破坏的某废弃矿区



处于生态恢复过程中的某矿区

### 走近职业



水环境生态修复工程师在了解水体情况

#### 生态修复工程师

生态修复工程师能够熟练掌握环境生态修复理论,掌握各种环境生态修复设计工程技术,能够独立编写环境工程项目设计方案及编制施工图纸,熟练使用相关设计软件。

许多具有生物学、环境工程和水利等相关专业本科及以上学历的人在从事生态修复工程师的工作。



如果你想要更多地了解本职业的相关情况,请访问我国关于职业介绍的网站。

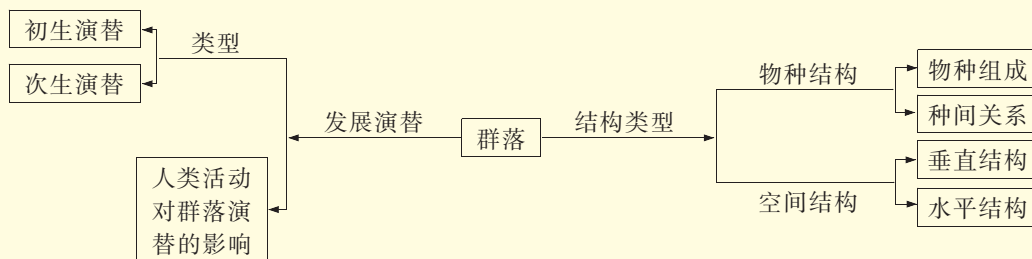
## 本章小结

### 概念回顾

●群落具有垂直结构和水平结构等特征,并可随时间而改变。不同的环境条件决定了种群的分布规律,从而形成了群落的一定结构。光照、湿度等因素的分布不均形成了群落的镶嵌特性。一些非生物因素以及各种种间关系导致群落出现分层现象,我们能用生态位的概念对此进行表述。群落结构越复杂,生态位多样性越大,生物利用环境资源的能力就越强。生物群落的这种结构会随着时间的推移而发生变化。

●一个群落替代另一个群落的演替过程,包括初生演替和次生演替两种类型。不同种群的生物在长期适应环境和彼此相互适应的过程中形成动态的生物群落。各种因素,包括人类活动都会影响群落的演替。

●不同类型群落结构和群落演替各具特点和规律。群落结构和群落演替的内容可以简要归纳和概括为下图。



群落概念简图

●不同群落中的生物具有与该群落环境相适应的形态结构、生理特征和分布特点。这说明生物与环境的关系非常密切。

### 素养提升

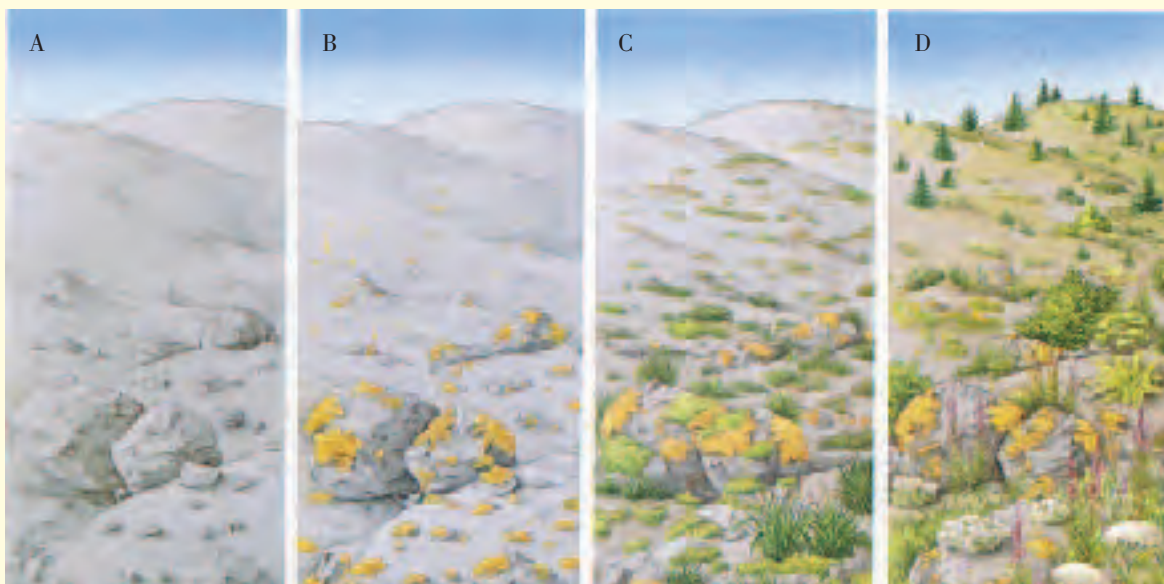
●通过“研究土壤中动物类群的丰富度”等活动,感悟到不同的环境中生活着不同的生物,这些生物与所处环境是相适应的。

●基于“保护环境”就是“保护生物”的观念,能更主动地参与相关社会决策的讨论,并参加各种保护环境的社会活动。

●基于自然演替是漫长的过程和人类活动能改变群落演替方向的事实,认识到许多日常活动可能会对身边自然生物群落造成严重破坏,从而形成人与自然和谐共处的生命观念。

## 本章练习

1. 下面的示意图表示从裸岩开始的一个初生演替过程的四个阶段。



演替示意图

(1) 请说出上述四张图分别表示初生演替过程中的哪个阶段。比较上述从裸岩开始的群落演替和从烧荒后的稻田开始的群落演替,说出它们的主要区别。

(2) 如果图 A 表示的是裸岩阶段,能通过推理说明图 B 表示的阶段裸岩会发生什么变化吗? 如果图 C 表示的是裸岩上已经长有地衣、苔藓和草本植物,那么,这一群落中可能会出现哪些类群的动物? 原因是什么?

(3) 图 B 阶段只有地衣生存,图 D 阶段已经有草本植物、灌木和乔木了。请设计一个探究活动,说明在上述群落演替的某个阶段,某种生物具有与该群落环境相适应的特征。

2. 以热带草原为例,说出该群落是如何随着时间变化而改变的。以我们熟悉的一个生物群落为例,说出该群落所具有的垂直结构和水平结构等特征。

3. 举例说出人类的哪些行为会对生物群落产生不良影响。结合身边的事例或以互联网上搜集的资料为例,说明退耕还林和退耕还草都是保护环境的重要举措。



如果想要更多地了解与本章有关的内容,请访问:  
生态学、环境化学、环境生态学等相关网站。



水稻丰收与青蛙有一定的关系

## 第三章

# 生态系统

南宋词人辛弃疾在《西江月·夜行黄沙道中》中写道：“明月别枝惊鹊，清风半夜鸣蝉。稻花香里说丰年，听取蛙声一片。”虽然词人未必知道水稻丰收与青蛙的关系，但他所描述的其实就是一个农田生态系统的场景。

上述农田生态系统中的稻、蝉、蛙和鹊有什么样的关系？明月、清风和水也是这一生态系统的构成因素吗？一个生态系统会有哪些构成因素呢？这些因素会对生态系统的稳态及维持产生影响吗？

# 第一节 生态系统的结构

湿地(wetland)广泛分布于世界各地,包括各种沼泽地、湿草甸、湖泊、河流以及洪泛平原、河口三角洲、泥炭地、湖海滩涂、河边洼地或河漫滩、湿草原等。每年的2月2日是“世界湿地日”,在这一天世界各国都会开展宣传保护湿地的活动。1997年,首个世界湿地日的主题是“湿地是生命之源”。湿地真的能称为“生命之源”吗?让我们带着问题,走进我国的黄河湿地,从局部视角感受湿地为什么会被称为“生命之源”。



## 积极思维

## 黄河湿地可以称为“生命之源”吗?

### 事实:

生活在湿地上的生物类群复杂多样。以河南黄河湿地国家级自然保护区三门峡段为例,该段保护区内有植物 743 种,动物 867 种,其中鸟类 175 种。鸟类中有许多国家一级保护鸟类,如黑鹳、白鹳(图 3-1-1)、金雕、白肩雕、大鸨、白头鹤、白鹤等 10 种;国家二级保护鸟类,如大天鹅、灰鹤等 31 种。此外,保护区内还有鱼类 63 种,昆虫 437 种,高等植物 598 种。这里的生物资源十分丰富。

### 思考:

1. 分析 三门峡段湿地中除了上述鸟类、鱼类、昆虫和高等植物外,还可能生活着哪些生物? 这些生物之间有什么关系?
2. 分析 为什么要保护湿地?



黑鹳



白鹳

图 3-1-1 黑鹳和白鹳

湿地是一类需要保护的生态系统(ecosystem)。1992年,中国正式加入《国际湿地公约》。湿地的保护与合理利用被列入《中国 21 世纪议程》和《中国湿地保护行动计划》优先发展领域。当然,除湿地外,其他类型的生态系统也都需要保护。保护生态系统的前提是了解生态系统。那么,什么是生态系统? 各类不同的生态系统又是如何组成的呢?

地球上每一片森林、一块草地、一座城市、一个村庄,都可以看作是一个生态系统。每个生态系统中都有生命在繁衍不息。当然,生态系统还包括非生物的环境因素。所以,生态系统是在一定空间中的生物群落与非生物的环境因素相互作用而形成的统一体。

生态系统中的生物种类繁多,根据其在生态系统中的功能,可以将它们分为生产者、消费者和分解者三大组分。它们是组成生态系统的生物因素。

**生产者(producer)**是指能利用简单的无机物制造有机物的自养生物。绿色植物是生态系统中主要的生产者。它们通过光合作用,在制造有机物的同时,还将光能转化为化学能储存在有机物中。生产者是生态系统中其他生物的物质和能量的主要来源,是生态系统中最基本、最关键的生物因素。

**消费者(consumer)**依赖生产者制造的有机物生存,它们主要是直接或间接地以植物为食的异养生物。直接以植物为食的植食性动物称为初级消费者,如植食性哺乳动物兔、羊。以植食性动物为食的肉食性动物称为次级消费者,如以植食性昆虫为食的啄木鸟。以肉食性动物为食的动物称为三级消费者,如以蛙等为食的蛇,以小虾、小鱼等为食的乌鳢(黑鱼),以鼠、蛇和食虫鸟类等为食的苍鹰。还有许多消费者是杂食性动物。例如,狐狸既取食植物果实,又捕食鼠类。消费者依靠自身的代谢作用,能将摄取的有机物转化为自身所需要的物质,并将代谢过程中产生的二氧化碳、含氮废物等无机物排出体外。消费者加快了生态系统中的物质循环。

**分解者(decomposer)**能够把动植物遗体和遗物中的有机物分解为无机物,它们主要是营腐生生活的细菌和真菌。正是由于分解者的作用,动植物遗体等中的有机物才能最终被分解成无机物,被生产者利用。否则,生态系统中的物质就不能被循环利用。蚯蚓(图3-1-2)等腐生动物在这一过程中也起到一定的作用。

生产者、消费者和分解者以及它们生活的无机环境之间的紧密联系,使生态系统成为一个具有一定结构和功能的统一体。



生态系统中除了绿色植物外,还有哪些生产者呢?



图3-1-2 主要以腐殖质为食的蚯蚓

### 实践:

1. 小组成员相互合作, 根据不同的生态系统, 制订适合的调查方案, 调查某个生态系统的组成成分(简称组分), 并分析其相互关系。

2. 在实施调查时, 每个小组要选择相对独立的生态系统。调查范围不要太大, 可选择一片农田、一个小池塘、一片灌木丛或校园内的一块绿地进行调查(图 3-1-3)。



调查湿地生态系统



调查校园生态系统

图 3-1-3 调查生态系统



**调查时注意人身安全!**

生态系统进行连续调查, 填写调查分析表

3. 可以在一天中的不同时间对同一个 (表 3-1-1)。

表 3-1-1 生态系统调查分析表

生态系统组分	组分举例	与其他组分之间的关系
生产者		
消费者		
分解者		
非生物因素		

4. 调查时要注意保护环境。例如, 在调查过程中, 应尽量少采集动植物标本; 移动过的石块、挖掘过的土壤, 调查结束后都应尽量复原。

### 讨论:

1. 我们调查的生态系统的各组分之间存在什么关系?

2. 不同的生态系统的组分有何异同?

在任何生态系统中, 非生物因素不仅包括阳光、空气和水, 生物因素也包括动物和植物, 构成生态系统的组分非常多(图 3-1-4), 它们在生态系统中都不可或缺, 它们相互协调, 共同维持生态系统的相对稳定。



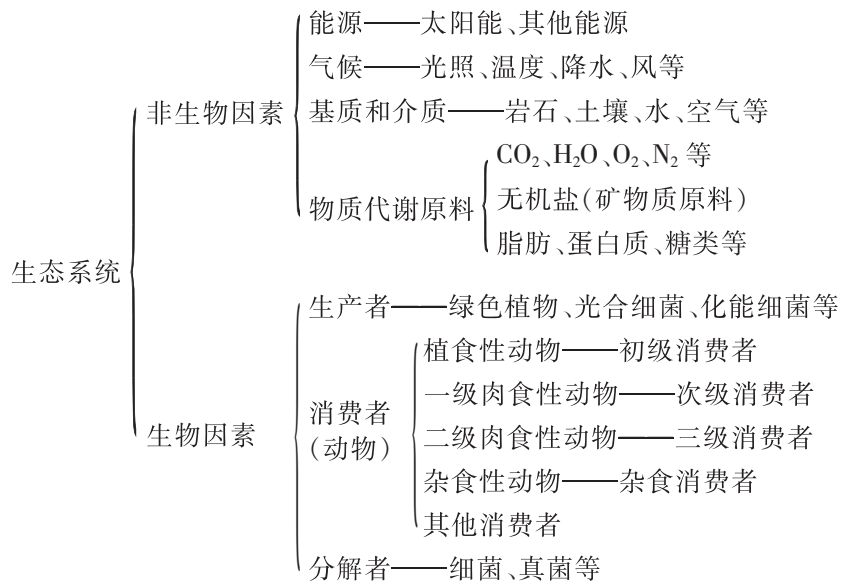


图 3-1-4 构成生态系统的主要因素

## 知识链接

### 生态系统的时空结构

生态系统的时空结构是指各种生物成分或群落在空间上和时间上的不同配置和形态变化特征,包括水平分布上的镶嵌性、垂直分布上的成层性和时间上的发展演替特征,即水平结构、垂直结构和时间结构。

#### 水平结构

生态系统的水平结构是指在一定生态区域内群落类型在水平空间上的组合与分布。在不同的地理环境条件下,受地形、水文、土壤、气候等因子的综合影响,群落类型的水平分布并非是均匀的。

#### 垂直结构

生态系统的垂直结构包括不同群落类型在不同海拔的生境上垂直分布和生态系统内部不同群落类型垂直分布两个方面。

#### 时间结构

一般有 3 个时间度量,一是长时间度量,以生态系统进化为主要内容;二是中等时间度量,

以群落演替为主要内容;三是昼夜、季节等短时间度的变化。

生态系统短时间的结构变化反映了植物、动物等在适应环境因素变化的过程中引起生态系统外貌上的变化。随着气候季节性交替,生物群落或生态系统呈现的不同的外貌就是季相。例如,热带草原地区一年中分旱季和雨季,生态系统在旱季和雨季中差别较大;温带地区四季分明,生态系统的季相变化也十分显著。

不同年度之间,生态系统外貌和结构会发生有规律的或无规律的变化。规律性变化往往是由生态系统内生物节律(反馈作用)引起的,例如,草原生态系统中狼—兔—草数量的周期性振荡,竹林集中开花引起的生态系统结构崩溃等。无规则性波动往往是由所在地气候条件的无规律变动引起的。

## 生物圈是最大的生态系统

观察周围世界,我们会发现,由于环境条件(如温度、水)的差异,出现了在结构和功能上各不相同的生态系统。这些生态系统可以分为自然生态系统(natural ecosystem)与人工生态系统(artificial ecosystem)。

自然生态系统又被分为陆地生态系统(terrestrial ecosystem)和水域生态系统(aquatic ecosystem)两大类。陆地生态系统

包括苔原生态系统、荒漠生态系统、草地生态系统(如草原生态系统)、林地生态系统(如森林生态系统)等(图 3-1-5)。



**苔原生态系统** 主要分布在极地地区。生态系统结构简单,动植物种类稀少,生产者主要是地衣和苔藓等。



**荒漠生态系统** 主要分布在亚热带和温带的干旱地区。生态条件极为严峻,植被稀疏,动物种类也很稀少。



**草原生态系统** 约占陆地总面积的 1/6,是人类重要的畜牧业基地。草原生态系统中生物的活动受降水的影响很大。



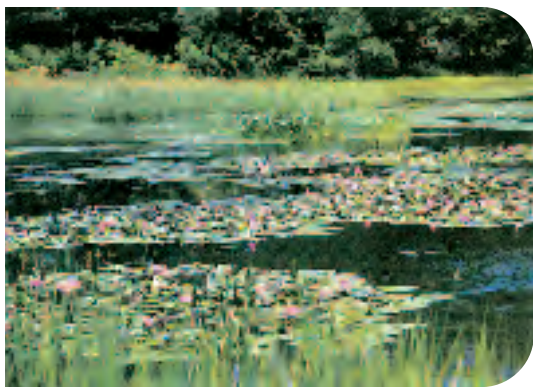
**森林生态系统** 物种组成非常丰富,种间关系极其复杂。森林生态系统在维持生物圈的物质循环和能量流动中具有极为重要的作用。

图 3-1-5 陆地生态系统举例

水域生态系统主要包括海洋生态系统和淡水生态系统等(图 3-1-6)。



**海洋生态系统** 由海洋生物群落和海洋环境(水中含有较高浓度的盐分)组成,在地球的物质循环和能量流动中具有巨大的作用。



**淡水生态系统** 由淡水生物群落和淡水环境组成,为人类提供了大部分生活、农业和工业用水,是人类文明的重要依托。

图 3-1-6 水域生态系统举例

湿地生态系统兼有陆地生态系统和水域生态系统的某些特征。各种长久或暂时的沼泽地、泥炭地,带有静止或流动

的淡水、半咸水或咸水水体,包括低潮时水深不超过 6 m 的水域都属于湿地生态系统。湿地生态系统具有较高的物种多样性,同时也具有多种生态功能,如水分调节、水质净化,故被人们称为“地球之肾”。

人工生态系统是受人工调节和控制的生态系统,可以分为农业生态系统、城市生态系统等(图 3-1-7)。



**农业生态系统** 农业生态系统是指人类利用农业生物与其他生物因素和非生物环境之间的关系,建立起来的各种形式和不同发展水平的农业生产体系。



**城市生态系统** 城市生态系统是城市居民与其环境相互作用而形成的统一整体,也是人类对自然环境的适应、加工、改造而建设起来的特殊的人工生态系统。

图 3-1-7 人工生态系统举例

不同类型的生态系统组成了地球上最大的生态系统——生物圈(biosphere)。生物圈是指地球上的全部生物及其无机环境的总和,包括岩石圈上层、水圈和大气圈下层(图 3-1-8)。

在地球表面积中,海洋约占 71%。海洋和陆地上的湖泊、江河等共同构成地球上的水圈。水圈中生活着多种多样的水生生物,而陆生生物主要生活在大气圈下层与岩石圈上层。

人类是生物圈中重要的生物因素,人类的活动对生物圈中的各种生态系统产生了重要影响。人类应该通过努力,保护各种生态系统,维持生态平衡,而不能为了眼前利益,掠夺资源,破坏生态平衡。其实人类的生存和发展也离不开整个生物圈的繁荣,保护生物圈就是保护人类自身。

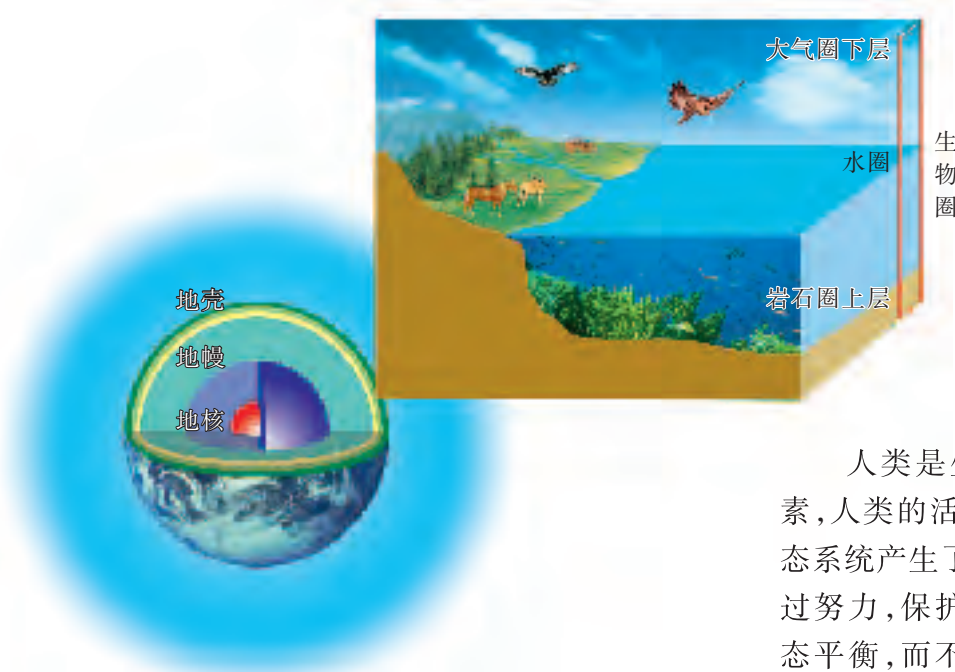


图 3-1-8 地球剖面与生物圈示意图

食物链及其营养级

在生态系统中，生物之间由于营养关系而形成的营养结构称为食物链 (food chain)。一般来说，绿色植物是生产者，位于食物链的第一环节；植食性动物是初级消费者，位于食物链的第二环节；一级肉食性动物作为次级消费者，位于食物链的第三环节(图 3 - 1 - 9)；二级肉食性动物为三级消费者……

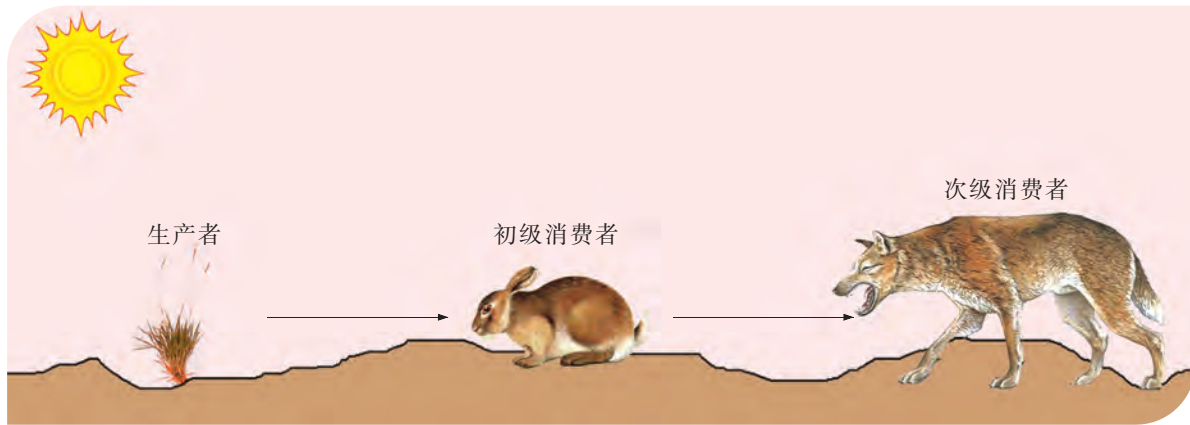


图 3 - 1 - 9 食物链示意图

在自然环境中，食物链可以反映出—个生态系统中各种生物之间的直接和间接的食物关系。上述食物链仅仅是自然界中的一类通过食物关系而互相联系形成的捕食食物链。此外，还有腐生食物链和寄生食物链等。

知识链接

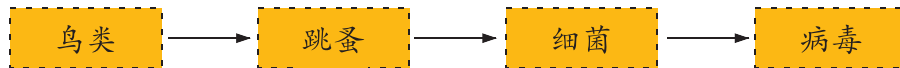
腐生食物链和寄生食物链

腐生食物链(下图)以动植物残骸及排泄物为营养源，通过腐烂、分解，将有机物分解为无机物。腐生生物包括真菌、细菌或某些土壤动物(如蚯蚓)等。



腐生食物链举例

寄生食物链(下图)以活的动植物有机体为营养源，寄生生物包括专营寄生生活的跳蚤、细菌、蛔虫等。



寄生食物链举例

自然界中的食物链反映的是物种和物种之间的营养关系，这种关系是错综复杂的。实际上，这种千丝万缕的复杂关系是根本无法用图解的方法完全表示出来的。为了使生物之间复杂的营养关系变得更加简明和便于分析，生态学家提出了营养级(trophic level)的概念。营养级是指处于食物链某一



有人认为，在一条食物链中，肉食性动物都是位于第三营养级的。你会质疑这种观点吗？为什么？

环节上的所有生物的总和。因此，营养级之间的关系已经不是指一种生物和另一种生物之间的营养关系，而是指处于某一营养层次上的一类生物和处于其他营养层次上另一类生物之间的关系。例如，作为生产者的绿色植物和所有自养生物都位于食物链的起点，即食物链的第一环节，它们构成了第一营养级。所有以生产者（主要是绿色植物）为食的植食性动物都属于第二营养级。第三营养级包括所有以植食性动物为食的肉食性动物。以此类推，还可以有第四营养级和第五营养级等。由于食物链的环节数目是受到限制的，所以营养级的数目也不可能很多，一般限于3~5个(图3-1-10)。

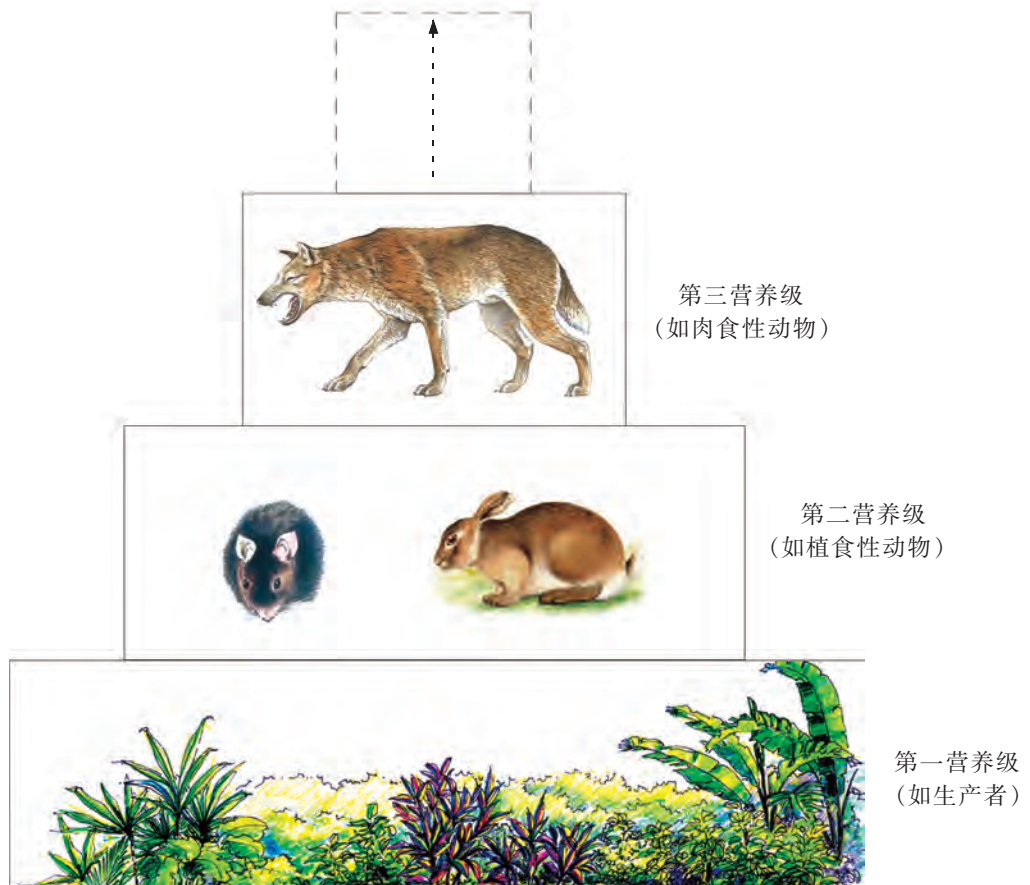


图3-1-10 营养级示意图

一般营养级的位置越高，归属于这个营养级的生物种类和数量就越少，当少到一定程度时，就不可能再维持下一个营养级中生物的生存了。有很多动物，往往难以依据它们的营养关系把它们放在某一个特定的营养级中，因为它们可以同时几个营养级取食或随着季节的变化而改变食性。例如，螳螂既捕食植食性昆虫，又捕食肉食性昆虫。

### 食物网

在生态系统中，一种植物可能成为多种植食性动物的食物，而一种植食性动物也可能取食多种植物，或被多种肉

食性动物所取食。因此,生态系统中的许多食物链会相互交错,这就形成了更为复杂的网状营养结构——食物网(food web)(图 3-1-11)。

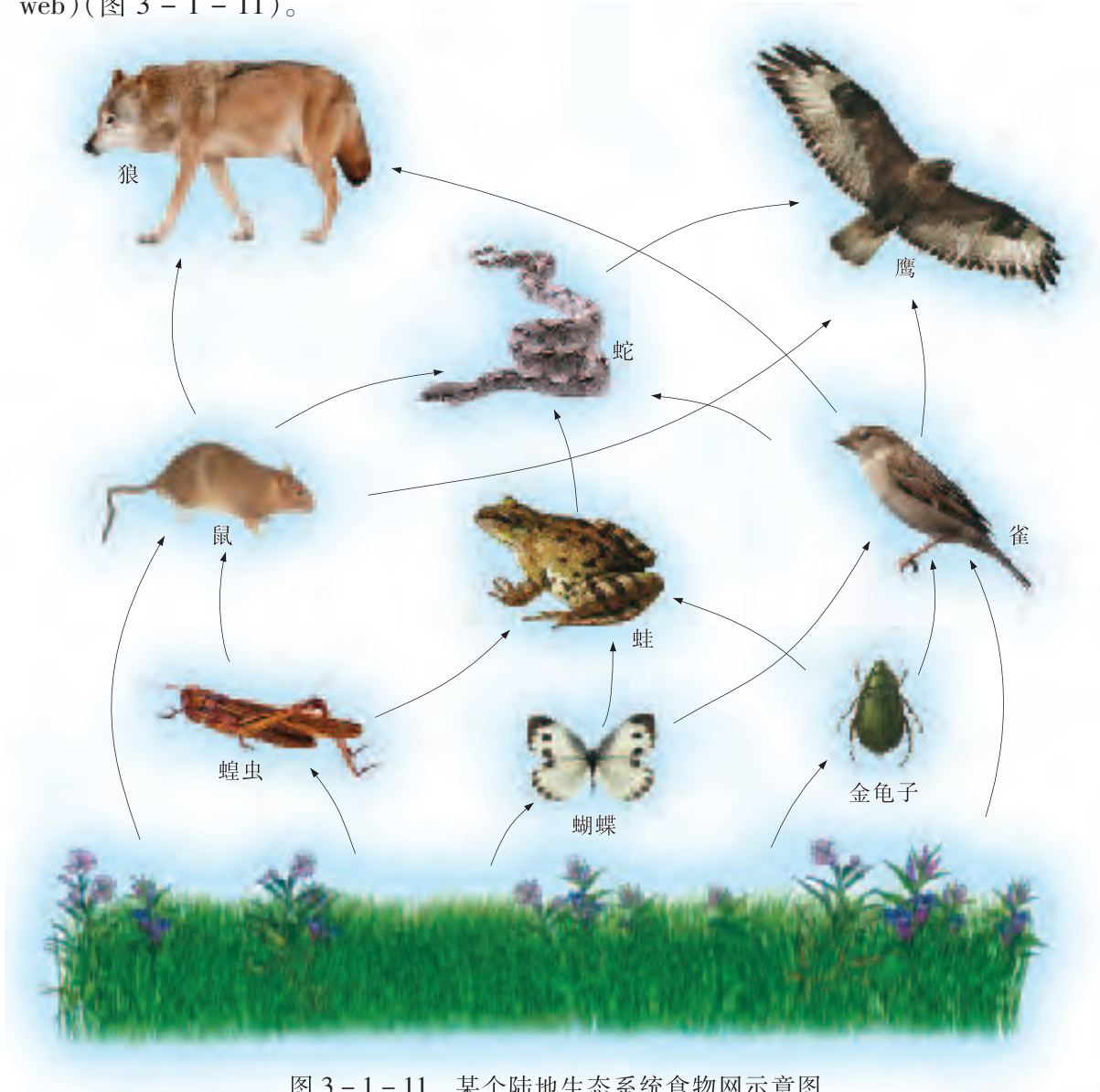


图 3-1-11 某个陆地生态系统食物网示意图

在任何生态系统中都存在捕食食物链、腐生食物链和寄生食物链,且食物链的每一个环节都与周围生物有着复杂的联系,这种复杂的营养结构通常是由生物因素和非生物因素共同决定的。

### 特定生态系统的生物与非生物因素决定其营养结构

任何一个生态系统都是由特定的生物群落及其无机环境组成的统一体。在这一特定环境中,各种生物在长期适应当地特定的非生物因素的进化过程中,形成了这个生态系统特有的营养关系。在一个具有复杂营养结构的生态系统中,一般不会由于一种生物的消亡而导致整个生态系统的崩溃。

但是任何一种生物的灭绝都会在不同程度上使生态系统的稳定性有所下降。当一个生态系统的营养结构十分简单时,任何生物因素或非生物因素的改变都可能引起这个生态系统发生剧烈的变化。

### 问题与讨论

对生态系统的外来干扰因素有火山爆发、地震、泥石流、雷击、火烧以及人类修建大型工程、排放有毒物质、喷洒大量农药、人为引入或消灭某些生物等。

生态系统的营养结构会因外来干扰而发生怎样的变化?



热带雨林生态系统的营养结构很复杂。你能解释其中的原因吗?

以苔原生态系统为例,该生态系统的气候条件非常寒冷,因此苔原生态系统的动植物种类与草原和森林生态系统相比要少得多。由于能够适应这种恶劣环境的生物很少,所以苔原生态系统是地球上营养结构比较简单的生态系统。地衣是苔原生态系统主要的生产者,是营养结构的基础,其他生物直接或间接地依靠地衣来生存。例如,北极驯鹿主要以地衣为食,狼以驯鹿为食。苔原生态系统是地球上比较脆弱并对外力干扰比较敏感的生态系统。个别物种的兴衰都有可能导致整个苔原生态系统的失调甚至崩溃。如果因大气中二氧化硫含量超标而导致地衣生产力下降或丧失,就会对整个苔原生态系统产生灾难性影响。

### 知识链接

#### 我国长白山的高山苔原

苔原主要分布在北纬 $60^{\circ}$ 以北,处于永久冻土带,大部分在北极圈内。我国的最北端地处北纬 $53^{\circ}$ ,典型植被是寒温带针叶林,没有典型的苔原植被。我国长白山自然保护区是生物资源保护得较完整的天然物种资源库,长白山自然保护区中的高山苔原是我国唯一的典型苔原自然景观。在长白山自然保护区,海拔 $1\ 800\sim 2\ 000\text{ m}$ 的地区是低矮的亚高山岳桦林带。这里是长白山

主峰白头峰火山锥的锥体部分,气温很低,风力强劲,土层瘠薄,一般树种都无法在此生存,只有岳桦树沿着山坡生长。火山锥的上部,海拔 $2\ 000\text{ m}$ 以上便是高山苔原带。那里云雾弥漫,岩石裸露,风力更大,气温更低,即使是在盛夏,仍有积雪未融。由于高山苔原地区自然条件严酷,仅生长着一些低矮的灌木和多年生的草本植物、地衣、苔藓等。

一个特定生态系统的营养结构都是由构成该生态系统的生物因素与非生物因素共同决定的。这警示我们,在保护和开发利用某个生态系统的自然资源时,要对构成该系统的营养结构进行分析,包括对决定这一营养结构的生物因素与非生物因素进行深入而全面的分析研究,这样才能更科学地保护和更合理地开发,并从根本上减少人类活动对各类生态系统的不良影响。

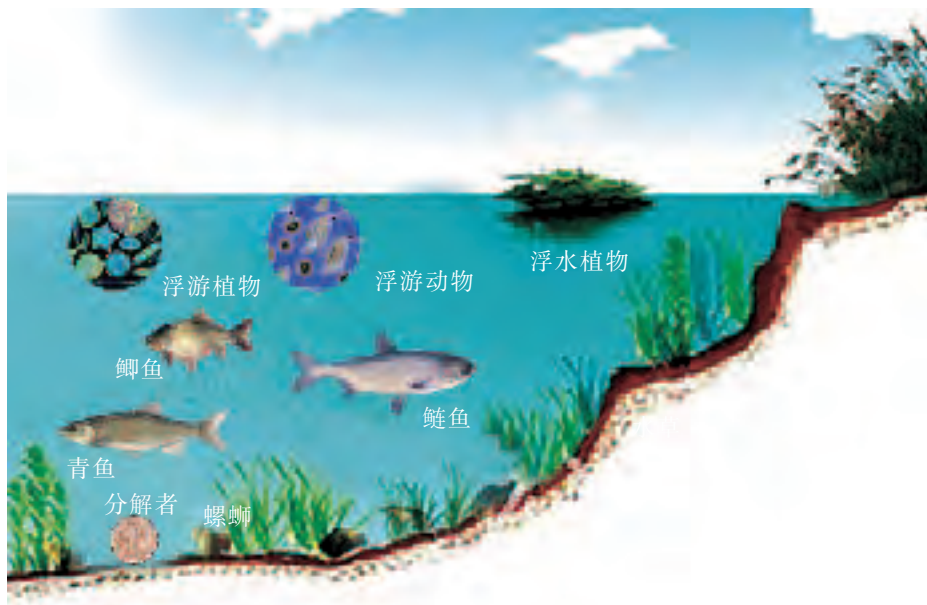
## 本节练习

### 一、思辨题

1. 在自然生态系统中,许多食物链会形成复杂的食物网,原因是 ( )
- A. 食物链的每个营养级只有一种生物      B. 营养级的层级与消费者的级数相同  
C. 同一种生物可能捕食不同种的生物      D. 一种生物只能被另一种生物所捕食
2. 在阳光明媚、水草丰茂的草原上,生活着牛、羊、鹿、狼、兔、鼠,还有秃鹰、蜣螂、细菌等,尝试写出该生态系统中的食物链。

### 二、应用题

某同学根据自家鱼塘养鱼的经验,将养殖的青鱼、鲢鱼和鲫鱼以及他观察到的鱼塘中的浮游植物、浮游动物、螺蛳等绘制成鱼塘生态系统的示意图。



鱼塘生态系统示意图

- (1) 分析上述鱼塘中食物链和食物网的构成,尝试写出其中 3 条食物链。
- (2) 该同学有一个困惑:鱼塘中应该有细菌、真菌等分解者,这些分解者与动物、植物之间有没有营养关系? 如果有的话,分解者应该位于食物链的哪个环节? 其实,食物链有很多类型,分解者一般不出现在我们熟知的捕食食物链中。试写出一条包括分解者的食物链。



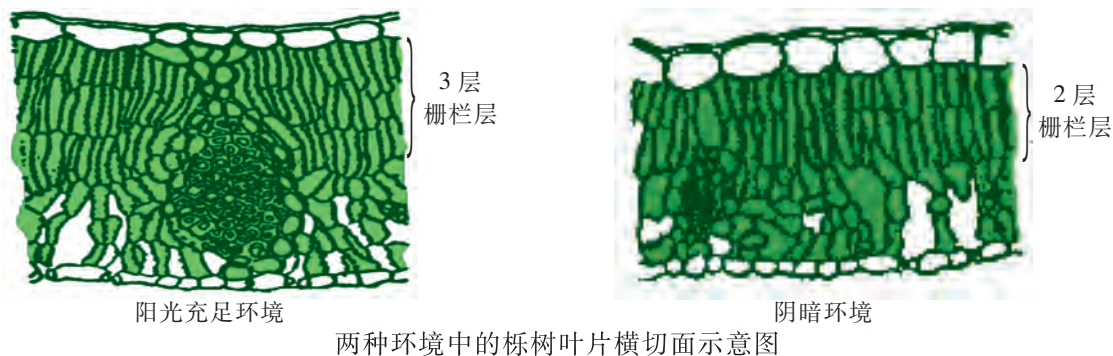
如果你想要更多地了解与生态系统结构有关的知识,请参考下列资料。

盛连喜. 环境生态学导论. 北京:高等教育出版社,2002.

第二章 生物与环境 第三节 主要环境因子的生态作用



陆生植物的生长受到所在环境中各种非生物因素的影响。阳光就是其中一种重要的因素。研究表明,同一种植物分别生活在阳光充足的环境中和阴暗环境中,在结构上也存在着明显的差异,如栎树叶片(下图)。



两种环境中的栎树叶片横切面示意图

### 提出问题

根据上面的文字和图,尝试提出一个非生物因素影响植物生长的问题。例如,不同环境中的同种植物在叶片结构上有没有明显的不同?

### 实验器材

载玻片、盖玻片、培养皿、烧杯、吸水纸、刀片、镊子、显微镜、温度计、湿度计、照度计等。

### 作出假设

针对问题,作出假设。例如,生活在不同环境中的同一种植物,在叶片结构上有明显区别;或生活在相同环境中的不同种植物,在叶片结构上无明显区别。

### 设计实验

根据假设,结合已有的探究经验,考虑选用的器材、生物材料、实验方法。在充分讨论的基础上,制订探究计划。

### 实施实验

按照探究计划实施实验。

### 建议:

1. 通常采用徒手切片法制作临时玻片标本,观察栎树等植物的叶片横切面结构。徒手切片前,应先准备好一个盛有清水的培养皿;在切片时,用左手的拇指与食指、中指夹住实验材料,大拇指应低于食指2~3 mm,以免被刀片割破;材料要伸出食指外约2~3 mm,左手拿材料要松紧适度,右手平稳地握住刀片并与材料垂直;将刀口向内对着材料,并使刀片与材料切口基本保持平行,再用右手的臂力(不要用手腕力)自左前方往右后方均匀地拉切。

2. 模拟不同的环境,着重研究水环境对水生植物根或茎结构的影响。实验材料可考虑莲的地下茎或叶柄。



进行徒手切片时注意安全!

### 结果与分析

同种植物的不同个体分别生活在不同的环境中,其形态结构会受某些非生物因素的影响而表现出适应性状。

以书面或口头的方式与其他小组的同学或老师交流探究结论。

## 气候变化的指示生物——蝴蝶

20世纪70年代,科学家就将蝴蝶作为一种监测环境优劣及其变化的指示动物,对其种类和个体数量逐年进行观察和记录(右图),这项工作至今已持续40多年。

蝴蝶是一个较大的类群,属于节肢动物门昆虫纲鳞翅目。它们体型小,生命周期短,属于日出性动物,活动显著。蝴蝶易于捕捉,分布广泛,具有相对独立的生活空间,对生存环境的要求专一性强,对不断发生的细微环境变化十分敏感,并能快速作出反应。另外,已有90%的蝴蝶类群被描述,因而对其开展调查和观测具有简单、快速、实用、成本低、易普及等特点。

蝴蝶在漫长的进化过程中,形成了与气候要素间的稳定关系,为其生命发展、进化、生存和繁衍奠定了物质基础。生态学工作者利用其对微环境的极端敏感性,及其与植物之间相互依存、协同演化的密切关系,通过分析蝴蝶种群组成、结构、多样性及其动态、趋势等,可以监测和预警气候变化对生态环境的影响,从而科学地预测气候变化对生态系统正在和将要产生的影响。



生态学工作者正在对蝴蝶进行监测



## 第二节 生态系统的能量流动

湖光山色,常常令人流连忘返,触景生情。我国诗人李白看见洞庭湖的月色迷人,吟诵起“南湖秋水夜无烟,耐可乘流直上天”的诗句。而美国生态学家林德曼(R. L. Lindeman, 1915—1942)面对赛达伯格湖中的种种生物,却思考起“能量是如何在这些生物之间流动的”问题。他的开创性研究获得了许多有价值的数据,我们应该怎样解读这些数据呢?



### 积极思维

### 怎样解读赛达伯格湖中能量流动的数据?

#### 事实:

20世纪30年代末,美国生态学家林德曼对赛达伯格湖进行了开创性的研究工作。在取得大量数据的基础上,绘制了赛达伯格湖中能量流动的图解(图3-2-1)。

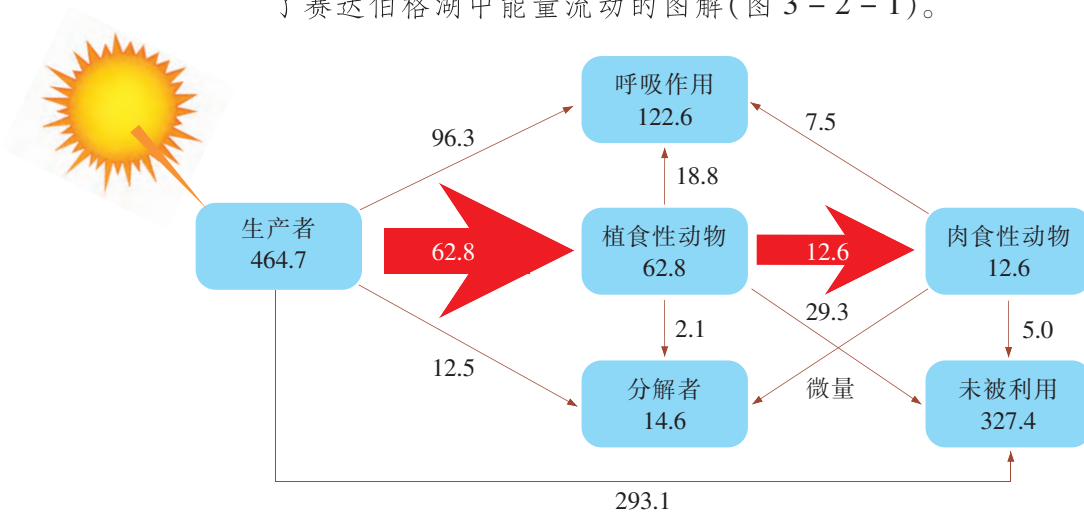


图3-2-1 赛达伯格湖能量流动图解(单位: $J \cdot cm^{-2} \cdot a^{-1}$ )

#### 思考:

- 分析** 该湖中的生产者固定了多少太阳能? 由生产者流入植食性动物的能量有多少? 没有流入植食性动物体内的能量有哪些去向?
- 推理** 根据图3-2-1中的数据,赛达伯格湖中的分解者在能量流动中发挥了什么作用?

从赛达伯格湖的能量流动图解可以发现,生产者固定的太阳能并没有全部流入植食性动物,流入植食性动物的能量也有多个去向,因此肉食性动物只获得了流入植食性动物的部分能量。这说明一个生态系统中能量流动具有什么特点呢?

## 生态系统能量流动的特点

在生态系统中,能量是维持生态系统稳态的动力,处于每一个营养级上的生物都需要能量。生态系统中能量的输入、传递、转化和散失的过程,称为生态系统的能量流动(energy flow)。

地球上所有的生态系统需要的能量几乎都来自太阳。生态系统中的生产者通过光合作用将太阳光能转化为化学能,固定(同化)在有机物中。能量通过食物链,从第一营养级(生产者)流入第二营养级(初级消费者),再流入第三营养级(次级消费者)……

生态系统的能量在流动过程中具有单向流动和逐级递减的特点。单向流动是指生态系统的能量只能从第一营养级流入第二营养级,再流入第三营养级……能量流动不可逆转,也不能循环。进入第一营养级的能量,一部分在植物的呼吸作用中以热能的形式散失,另一部分储存在植物体内的有机物中,用于自身的生命活动。储存在植物体内的能量,一部分随着植物体的遗体(包括枯枝落叶)等被分解者分解而释放出来,另一部分通过初级消费者的取食而流入第二营养级。能量在流入第二营养级后,还会以类似第一营养级流入第二营养级的方式,逐级流入第三、四营养级。各级消费者的遗体、残骸和粪便等中的能量被分解者分解而释放。所以,能量在沿食物链从一个营养级流向下一个营养级的过程中逐级减少(图 3-2-2)。



地球上所有生态系统所需能量几乎都来自太阳。你能说出“几乎”的含意吗?

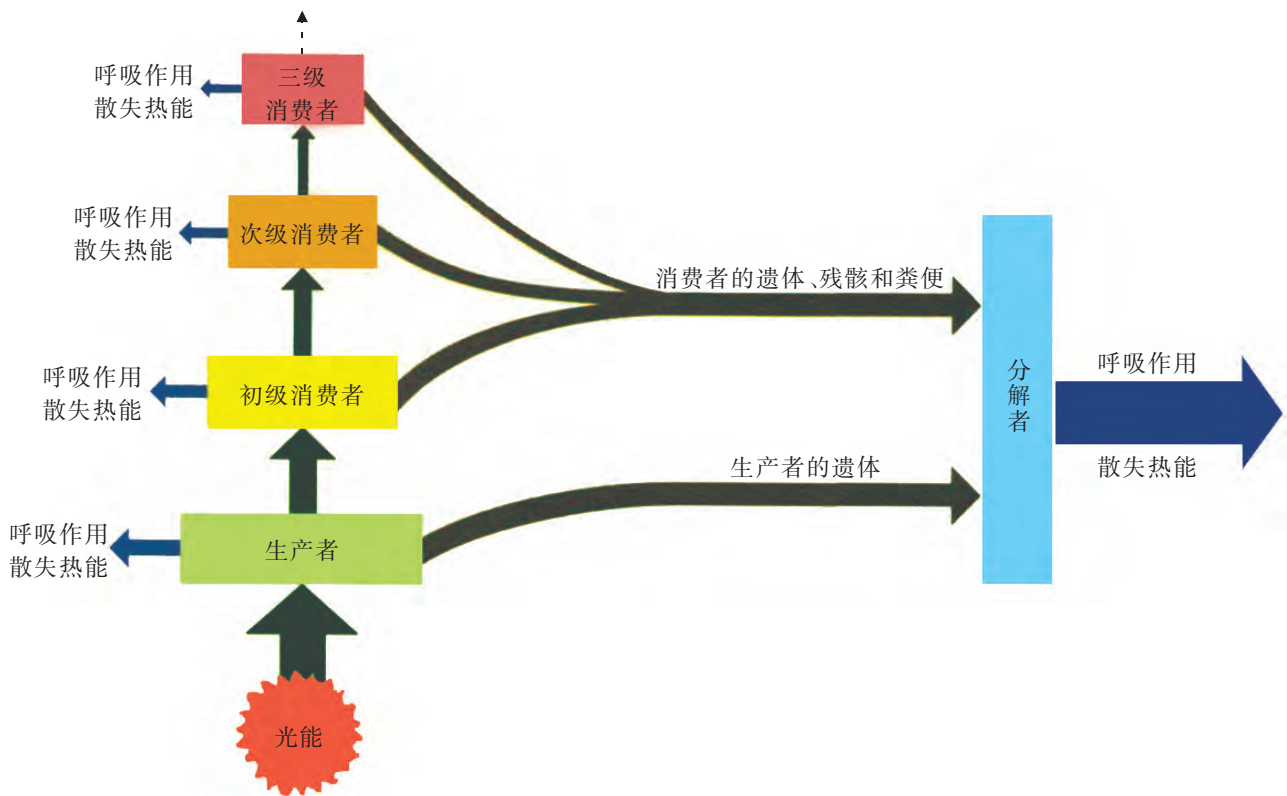


图 3-2-2 生态系统能量流动示意图

### 跨学科视角

从物理学视角看,阳光照射到地球后,没有被植物利用的太阳能并没有完全散失,仍然可以被人类利用。太阳能的光热转化和光电转化,是人类利用太阳能的不同方式。

试举出生活中的事例来说明这一观点。

食物链和食物网是生态系统的营养结构。生态系统中生产者固定的能量就是通过食物链和食物网传递的。林德曼对赛达伯格湖中能量流动的研究表明,能量在从一个营养级流入下一个营养级时,其传递效率平均只有 10%~20%,部分能量以热能等形式散失掉。因为受能量转化效率的限制,难以维持过高营养级消费者种群的生存对能量的需求,生态系统的食物链长度通常都是有限的。

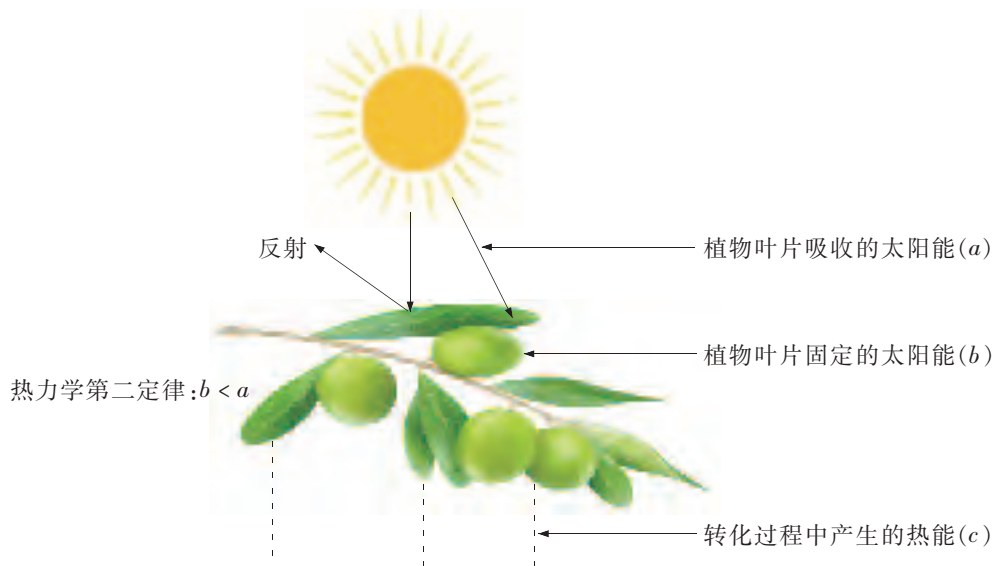
### 知识链接

#### 生态系统能量流动与热力学定律

热力学第二定律,又称为能量衰变定律或能量逸散定律。在生态系统中,它可以理解为能量在转换、流动过程中总存在衰变、逸散的现象,即总有一部分能量要从浓缩的有效形态变为可稀释的不能利用的形态。如果要用公式表示热力学第二定律,可以写成: $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ 。其中  $G$  为自由能,  $H$  为系统热焐,  $S$  为系统的熵,  $T$  是进程进行时的绝

对温度。

生态系统中能量流动严格遵循着热力学定律。热力学定律告诉我们,能量进入生态系统后,在系统的各组分之间顺序传递流动,并发生多次形式变化,这些变化都是以一部分热能的产生及逸散为代价而实现的,但是包括热能在内的总能量,并没有增加或减少(下图)。



生态系统能量流动与热力学定律示意图

## 生态金字塔

科学家为研究生态系统的结构与功能的关系,构建了生态金字塔(ecological pyramid)。生态金字塔是反映食物链和食物网各营养级之间生物数量、质量和能量比例关系的图解模型(图 3-2-3)。它是根据生态系统营养级的顺序,以生产者为底层,初级消费者为第二层,次级消费者为第三层,以此类推构成的。

生态金字塔的塔基宽,代表生态系统稳定;塔基过宽,能量转化效率就低,能量浪费大;塔的层次多少,与能量的消耗程度有密切关系,层次越多,塔顶贮存的能量就越少。

生态金字塔有数量金字塔、生物量金字塔和能量金字塔三种基本类型。数量金字塔(pyramid of number)描述了某一时刻生态系统中各营养级的个体数量关系。一般来说,能量沿营养级顺序向上逐级递减,生物体数量沿营养级顺序向上也越来越少。例如,一块草地上可能有草本植物数百万株,蚱蜢等植食性动物数十万只,食虫鸟等肉食性动物数千只,鹰等肉食性动物数只(图 3-2-4)。但有时植食性动物的数量也会比生产者的数量大得多。例如,当许多昆虫以一株植物(如一棵树)为食时,就会出现数量金字塔倒置的现象(图 3-2-5)。

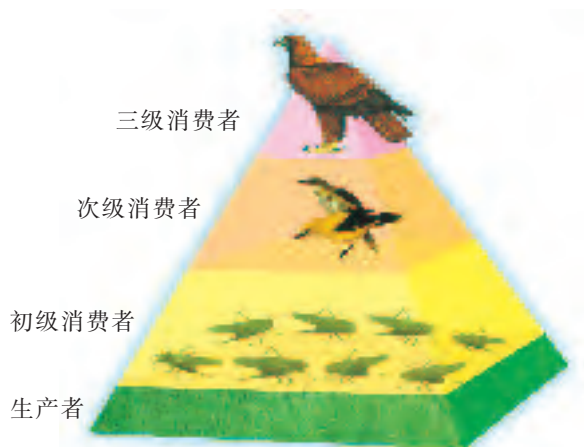


图 3-2-3 生态金字塔示意图



图 3-2-4 某个数量金字塔示意图

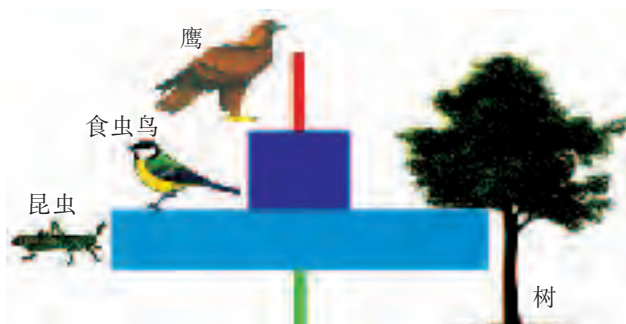


图 3-2-5 某个数量金字塔(倒置)示意图

生物量金字塔(biomass pyramid)描述了某一时刻生态系统中各营养级生物的质量关系,通常以生物的干重表示营养级中生物的生物量,一般以  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$  或  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$  为单位。一般来说,植物的生物量要大于植食性动物的生物量,而植食性动

物的生物量又会大于肉食性动物的生物量。因此,从低营养级到高营养级,生物的生物量是逐渐减少的(图 3-2-6)。

### 问题与讨论

有人认为,地球上生物量金字塔也可能是倒置的。有人则认为,生物量金字塔通常不会出现倒置现象。

我们能用身边的实例进行论证吗?

能量金字塔(energy pyramid)是依据各营养级所含能量值的多少来构建的生态金字塔(图 3-2-7),从能量的角度形象地描述其在生态系统中的转化,常用来描述单位时间生态系统中各营养级所同化的能量,一般以  $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$  或  $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$  为单位。

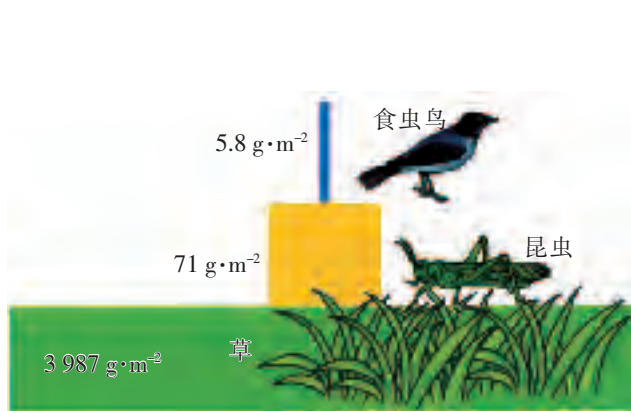


图 3-2-6 某个生物量金字塔示意图

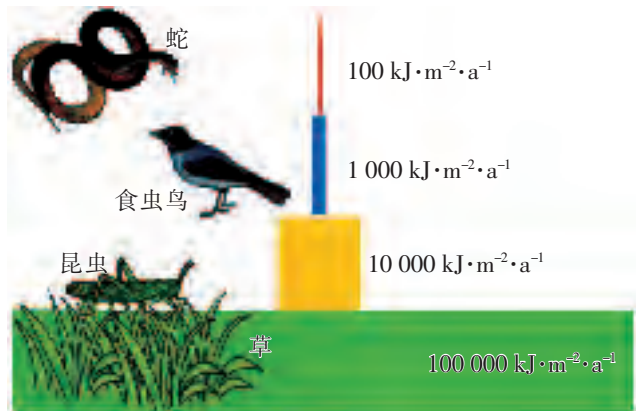


图 3-2-7 某个能量金字塔示意图

能量金字塔一般不受生物个体大小、组成成分和代谢速率的影响,因而可以比较准确地说明生态系统中能量传递的效率和特点,比较直观地表明各营养级之间的依赖关系。能量金字塔不会出现倒置现象。

上述各种金字塔能形象地说明生态系统中各营养级与生物个体数量、生物量和能量之间的关系,是定量研究生态系统的直观体现。

生态金字塔也告诉我们,大自然的负载是有限的,人类的活动必须遵循自然规律才能实现可持续发展。

### 能量流动规律在生产中的应用

研究生态系统的能量流动,可以帮助人们在设计人工生态系统时充分考虑能量的有效利用。例如,我国古代劳动人民在生产实践中总结出“桑基鱼塘”和“稻田养鱼”等生产模式,大大提高了能量的利用率。



实践:

1. 分小组进行调查活动,在调查前制订好调查方案,如确定好调查对象和范围,在活动中各小组成员要相互配合。

2. 确定调查对象即农田生态系统中的主体生产者(农作物),识别并判断除主体生产者之外的其他生产者。

3. 根据农作物生长的不同阶段,分别观察农田生态系统中初级消费者的种类和数量。

4. 观察并统计农田生态系统中次级消费者的种类(图 3-2-8),并估算其大致数量。



图 3-2-8 农田生态系统中的一条食物链示意图

5. 将调查结果填入下面的表格中(表 3-2-1),整理调查结果,尝试撰写一篇有关农田生态系统能量流动情况的调查报告。

表 3-2-1 农田生态系统能量流动调查表

营养级		生物种类	生物数量
生产者	主体生产者		
	其他生产者		
初级消费者			
次级消费者			
.....			

讨论:

1. 被调查的农田生态系统中,能量是如何流动的?该生态系统中只有农作物是生产者吗?如果不是,那其他生产者与农作物是什么关系?

2. 被调查的农田生态系统中有哪些初级消费者?它们对农作物的生长和产量有什么影响?

研究生态系统的能量流动,合理地优化生态系统中的能量流动关系,使能量持续高效地流向对生产有益的部分,可以使农业生产获得更大的效益。在农田生态系统中,农作物在生长过程中经常会遭到害虫的侵害。要使农作物丰产,就必须有效地防治病虫害。除喷洒除草剂和农药外,人们还可以采用生物防治的方法,即在农田中引入害虫的天敌进行防治。例如,利用青蛙捕食水稻田中的害虫。

在农业生产实践中,人们还常采用农作物的间作套种、立体种植等方式,让生长周期不同的农作物更好地利用阳光,以提高产量。



你还能举出一些实例来说明农业生产中是如何应用能量流动规律的吗?



## 本节练习

### 一、思辨题

- 生态系统的能量流动遵循一定的规律。下列叙述中,不符合真实情况的是 ( )
  - 能量都是由低营养级流向高营养级
  - 一条食物链中营养级的级数可以无限增加
  - 生产者固定的能量通过食物链和食物网传递
  - 流入每一营养级的部分能量都会以热能形式散失
- 在各种生态系统中,能量沿着食物链流动时的特点是 ( )
  - 可从各级消费者流向生产者和分解者
  - 生产者固定的能量是各营养级能量的总和
  - 能量在食物链中逐级递减、单向流动
  - 能量在食物链中逐级递增、循环流动

### 二、应用题

1. 根据通过测定获得的两条食物链的相关数据,一位同学画出两个数量金字塔(见下图)。一条为某栎树林中存在的“栎树→昆虫→鸟”的食物链,另一条为一片草地上存在的“草→田鼠→鼬”的食物链。



两种数量金字塔示意图

- 我们能推断以上两条食物链分属甲、乙哪个数量金字塔吗?
- 请在图上分别标注相关生物的名称。

2. 科学家对某草地的“草→田鼠→鼬”这一食物链及其能量流动进行了研究,结果如下表所示。

“草→田鼠→鼬”食物链能量流动表

单位:  $\text{J}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$

草	田鼠			鼬		
固定的太阳能	摄入量	同化量	呼吸量	摄入量	同化量	呼吸量
$2.45\times 10^{11}$	$1.05\times 10^{10}$	$7.50\times 10^8$	$7.15\times 10^8$	$2.44\times 10^8$	$2.25\times 10^7$	$2.18\times 10^7$

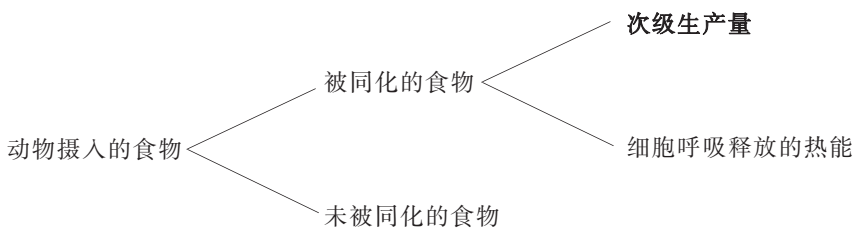
- 根据上述表格中的数据,思考摄入量、同化量与呼吸量三者之间的关系。比较表中两种动物能量代谢的特点。
- 根据该食物链的相关数据,分别计算从草到田鼠和从田鼠到鼬的能量传递效率。
- 上述计算结果说明生态系统中能量流动有什么特点?



## 生态系统中的次级生产力

一个生态系统生产力的高低,不仅取决于初级生产力(生产者的生产力)的高低,也取决于次级生产力的高低。一个生态系统中的次级生产力是指该生态系统中除生产者以外的生物的生产力,主要是指消费者(包括植食性动物和各级肉食性动物)利用初级生产所制造的物质和贮存的能量进行代谢,经过同化作用转化形成自身的物质和能量的能力。严格地说,次级生产力也包括寄生食物链的各级生产力,以及分解者的生产力。

次级生产力的计算方法一般可以根据同化量和呼吸量计算,也可以通过个体体重的增加来估算。动物和异养微生物生长、繁殖和营养物质的贮存都是同化过程的表现形式。单位时间、单位空间内,通过动物和异养微生物生长、繁殖而增加的生物量或贮存的能量称为次级生产量。一个植食性动物的次级生产量可用下图表示:



生态系统中一个植食性动物的次级生产量示意图

在一个农业生态系统中,同一种动物的不同品种其生产力有一定的差异,所以选育良种对提高生产力具有重要的意义。

## 走近职业



农艺师在稻田中调查水稻生长以及稻田昆虫活动情况

### 农艺师

农艺师主要从事农作物、中草药、食用菌等的良种选育、引进、繁殖、栽培工作,需要土壤调查、土壤改良与利用、肥料利用及新型肥料研制与开发、土地利用规划、土壤环保植物检疫、农药质量及残留量检测等专业知识。农艺师一般还要掌握植物栽培技术、遗传育种技术、病虫害防治技术等。

许多具有农学学士及以上学位的人在从事农艺师的工作。



如果你想要更多地了解本职业的相关情况,请访问我国关于职业介绍的网站。

## 第三节 生态系统的物质循环

瑞士科学家穆勒 (P. H. Müller, 1899—1965) 因发现了 DDT 的杀虫功效而荣获 1948 年的诺贝尔生理学或医学奖。但使用多年后, DDT 对环境的危害也逐步显现出来, 科学家甚至从生活在南极的企鹅脂肪组织内也检测出了 DDT, 而南极大陆从来没有使用 DDT 的记录。实际上, 这与地球上的物质循环有关。地球上的物质是怎样循环的呢? 让我们先来认识地球上的水循环 (water cycle)。



### 积极思维

### 地球上的水是怎样循环的?

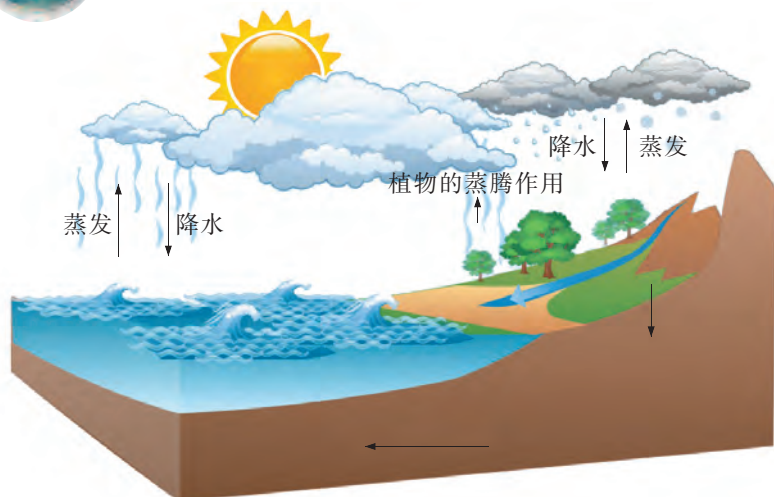


图 3-3-1 水在全球迁移和变化的示意图

### 事实:

1. 水从地球表面通过蒸发进入大气圈, 同时又不断从大气圈通过降水而回到地球表面 (图 3-3-1)。每年地球表面的蒸发量和全球降水量基本相等, 因此这两个相反的过程就达到了一种平衡状态。

2. 地球表面是由陆地和海洋组成的, 陆地的降水量大于蒸发量, 而海洋的蒸发量大于降水量, 陆地上多余的水通过江河源源不断地输送给大海, 以弥补海洋因蒸发而丧失的水。

3. 虽然植物在光合作用中要消耗一定量的水, 但是植物通过呼吸作用和蒸腾作用又把大部分的水送回了大气圈。

思考:

### 思考:

1. 分析 蒸发和降水推动了水在全球范围内进行循环。蒸发和降水过程是怎样进行的?

2. 推理 “海纳百川”和“云蒸霞蔚”等自然现象的形成与水循环有什么关系?

各种生命活动都离不开水, 水和水循环对于生态系统具有特别重要的意义。除了水, 由于碳、氧、氮、磷等对生命活动也很重要, 科学家对它们的循环过程也进行了深入研究。

## 生态系统的物质是不断循环的

组成生物体的碳、氢、氧、氮、磷、硫、钙等元素,在生态系统中不断地进行着从无机环境到生物群落,再回到无机环境的循环过程,这一过程称为生态系统中的物质循环。物质循环是在地球上最大的生态系统——生物圈中进行的,具有全球性,因此又称为生物地球化学循环(biogeochemical cycle)。

碳元素在生物圈中的循环过程称为碳循环(carbon cycle)。碳循环是生物地球化学循环中的一种重要的物质循环。在无机环境中,碳主要以 $\text{CO}_2$ 和碳酸盐的形式存在;在生物群落中,碳主要以有机物的形式存在。

绿色植物通过光合作用从大气中吸收 $\text{CO}_2$ ,又通过呼吸作用产生 $\text{CO}_2$ ,并释放到大气中。植物体中的一部分有机物被动物消耗,动物也通过细胞呼吸产生 $\text{CO}_2$ 。

动植物死亡后,其遗体等经过分解者的分解作用也会产生 $\text{CO}_2$ 。土壤地层中的煤、石油等是由古代生物的遗体形成的,这些化石燃料燃烧后也会释放出大量的 $\text{CO}_2$ 。

由上述不同途径释放的 $\text{CO}_2$ 进入大气,又可以被植物吸收利用。这些过程共同构成了碳循环的主要途径(图 3-3-2)。



在生物群落中,碳的主要存在形式是有机物。你能举例说出这些有机物是什么吗?

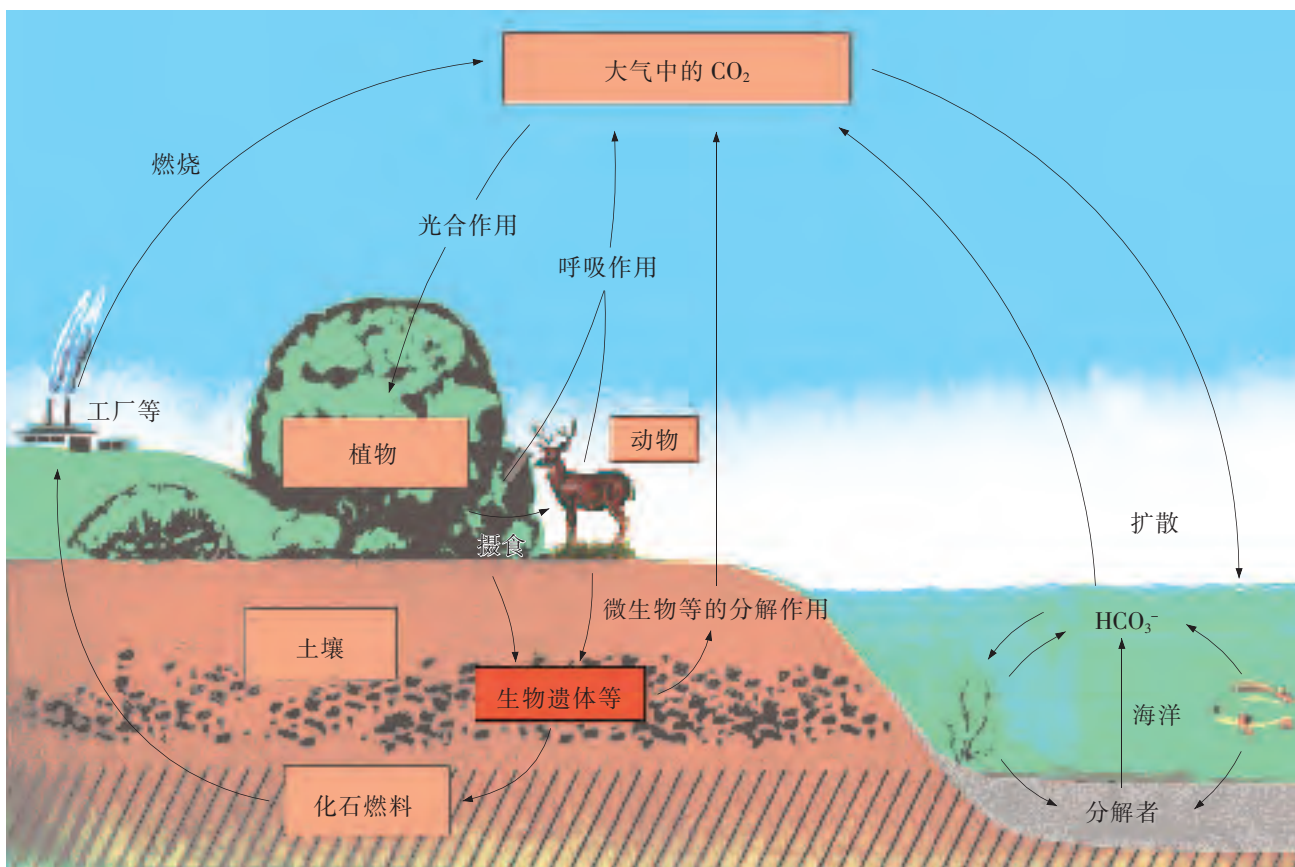


图 3-3-2 生物圈中的碳循环示意图

## 问题与讨论

碳元素是一切生物体中最基本的成分,有机体干重的 45%以上是碳。  
举例说明在农业生产上人们是如何利用碳循环原理增加作物产量的。

微生物等分解者在碳循环中发挥了重要作用,这在生产实践中也有很多实用价值。例如,农业生产中常采用堆肥等方法提高土壤肥力。



## 边做边学

## 制作腐叶土

### 实践:

1. 采用堆肥的方法,以小组为单位,在校园的树林下就地取材,收集不同种落叶



收集落叶

乔木的落叶,并尝试用落叶来制作腐叶土(图 3-3-3)。



自制的腐叶土

图 3-3-3 制作腐叶土

2. 在室外避风向阳的地方挖一个深度约为 0.5m 的土坑。在土坑中先放一层土壤,再放一层落叶(堆放前土壤和落叶中最好掺入适量的防虫剂),土壤与落叶交替堆放数层。注意在堆积时不能挤压太紧。

3. 堆积完成后,用淘米水或含有少量尿素的水溶液浇灌。控制浇灌量,用手抓起一把堆积物握紧,略微有水流出即可。最后在堆积层的顶部堆土封严或用塑料布盖严。

4. 经过一段时间的高温发酵,堆积物充分腐熟。取出堆积物,晾晒杀菌,捣碎后过筛,即成为腐叶土。未腐熟的残渣可重新堆积。腐叶土可用来种植花卉、蔬菜等。

### 讨论:

1. 微生物在腐叶土的制作过程中发挥了什么作用?

2. 我们能从中感悟微生物(如细菌)在碳循环中的重要作用吗?

制作腐叶土的实验证明了细菌等微生物参与了生态系统的碳循环。

生物圈的物质循环还包括水循环、氮循环、磷循环和硫循环等。这些物质循环也是生物圈物质循环的重要组成部分,它们为各种生物的生存和发展提供了条件。

在生物圈中,物质循环与能量流动是同时进行的,两者相互依存,不可分割。能量的固定、储存、转移和释放,都离不开物质的合成和分解等过程。物质作为载体,使能量沿着食物链(网)流动;能量作为动力,使物质在生物群落和无机环境之间得以不断地循环往复。

生态系统的物质循环和能量流动既有联系又有区别。能量流动是单向的,不能循环,而且逐级递减。在物质循环中,组成生物体的元素可以在生物群落与无机环境之间循环往复。

### 有害物质通过食物链呈现富集现象

生物圈中物质循环依赖于食物链,有害物质(如重金属、部分化学药剂)的富集现象也与食物链有关。

#### 有害物质循环的特点

有害物质循环是指那些对有机体有害的物质进入生态系统,通过食物链富集或被分解的过程。由于工农业生产的迅速发展,人类向环境中排放的化学物质与日俱增,从而使生物圈中有害物质的数量和种类相应地增加。这些物质一经排放到环境中,便参与生态系统的物质循环,它们像其他物质循环一样,沿着食物链与无机环境进行循环流动。所不同的是大多数有害物质,特别是难以分解的人工合成的大分子有机化合物和重金属元素,在生物体内具有浓缩现象。这些有毒物质长期停留在生物体内会导致生物体中毒,甚至死亡。这也是环境污染造成公害的主要原因之一。

#### 有害物质循环的实例

在生态系统中,有害物质的循环途径因有害物质性质的不同而不同。难以分解的化合物(如 DDT)或重金属(如铅、汞)在生物体内的浓度远远超过环境中浓度的现象,称为生物富集。生物富集常伴随食物链而发生。

DDT 作为一种人工合成的有机杀虫剂,它的问世对农业发展曾起到了很大的推动作用。DDT 的使用让棉花等农作物因免遭虫害而大幅度提高了产量。此外,DDT 对蚊子、苍蝇、虱子等有毒性,它的使用很好地控制了由这些生物传播的疟疾以及其他致命性疾病的扩散。



在一般情况下,有害物质进入环境后,常常会被空气和水稀释到几乎无害的程度。但是,这些有害物质在生物体内却可能积累达到使生物体中毒致死的水平。为什么会出现这样的现象?

## DDT 是如何富集的?

### 事实:

1. 人类使用的 DDT 主要经过两种途径进入生态系统,并在其中循环。一是经过植物的茎、叶和根进入植物体,在体内积累起来,再依次被植食性动物和肉食性动物逐级取食,逐级富集;二是喷洒的 DDT 落入地面,经过土壤动物(如取食土壤中有机碎片的蚯蚓)和食虫动物(如鸡)而逐级富集。所以,食物链越复杂,逐级富集量越大。

2. 随着人类对 DDT 使用量的增加,科学家发现,水环境中存在的微量 DDT 确实会通过食物链不断富集(图 3-3-4)。



图 3-3-4 DDT 通过食物链不断富集的示意图

### 思考:

1. 归纳 根据上图数据,用图示食物链的方式,归纳 DDT 进入生态系统的途径。
2. 分析 如果发现某人体内存在一定量的 DDT,尝试分析这些 DDT 富集的可能途径。

DDT 在生态系统中的富集不仅影响生物的生存与发展,而且给人类的健康也带来威胁。例如,在草原生态系统中,人们曾对牧草喷洒 DDT,含有 DDT 的牧草被羊、牛、马等植食性

动物摄入,并在它们体内富集,人类食用这些动物的肉、奶后, DDT 便进入人体并逐渐富集。DDT 进入人体或动物体后,容易积累在人或动物脂肪组织中,并可能形成积累性中毒。因此,许多国家现在已禁止使用 DDT。

我国农业部于 2002 年发布公告,禁止使用包括 DDT 在内的多种农药,并至今一直反复强调禁止使用 DDT。

当然,生态系统中的有害物质绝非 DDT 一种,许多重金属(如铅、汞)也会沿着食物链进入各营养级生物体内,从而不断富集。

汞循环是重金属在生态系统中循环的典型代表。地壳中的汞经过两条途径进入生态系统。一是通过火山爆发、岩石风化等自然活动,二是经过人类活动(如开采、冶炼、喷洒农药)。汞进入生态系统后,土壤和空气中的汞能在农作物体内积累,并通过食物链进入人体,对人类健康产生潜在威胁。由于汞在常温下呈液态,可形成无色无味的汞蒸气,从而极易在生物圈中迁移和转化。汞可以被环境中特定的微生物转化为含汞的有机化合物(如甲基汞),这是一种脂溶性的有机汞化合物,比无机汞毒性更高,且更容易被其他生物所吸收。

生活在被汞污染的水体中的鱼类,鱼龄越大,体内富集的汞就越多。一般来说,肉食性鱼体内汞含量大于植食性鱼,食鱼的鸟在体内蓄积的汞也很多。所以,从防止重金属污染的食品安全角度而言,人们在选择食用鱼类时,植食性鱼比肉食性鱼更安全。进入人体的甲基汞在体内代谢缓慢,且不易排出,严重时会引起中毒。通过血脑屏障进入大脑的汞会侵害脑神经细胞,导致脑萎缩。例如,水俣病主要由甲基汞中毒造成。患者会出现步履蹒跚、精神失常等症状(图 3-3-5)。

对于进入生物体内的各种有害物质(如汞、铅、氟),生物体具有一定的解毒功能,但当有害物质在生物体内的积累量超过一定程度时,生物就会出现受害症状。

对有害物质的生物富集进行研究具有重要意义。例如,研究发现芦苇能吸收水中的有害物质,人们在鱼、虾、蟹的养殖水域种植适量的芦苇,可以减少有害物质在鱼、虾、蟹体内的富集,提高水产品的安全性。



图 3-3-5 水俣病患者



如果你想要更多地了解与有害物质循环有关的知识,请参考下列资料。

杨持. 生态学. 3 版. 北京:高等教育出版社,2014.

第十章 生态系统的物质循环 第三节 有毒有害物质循环



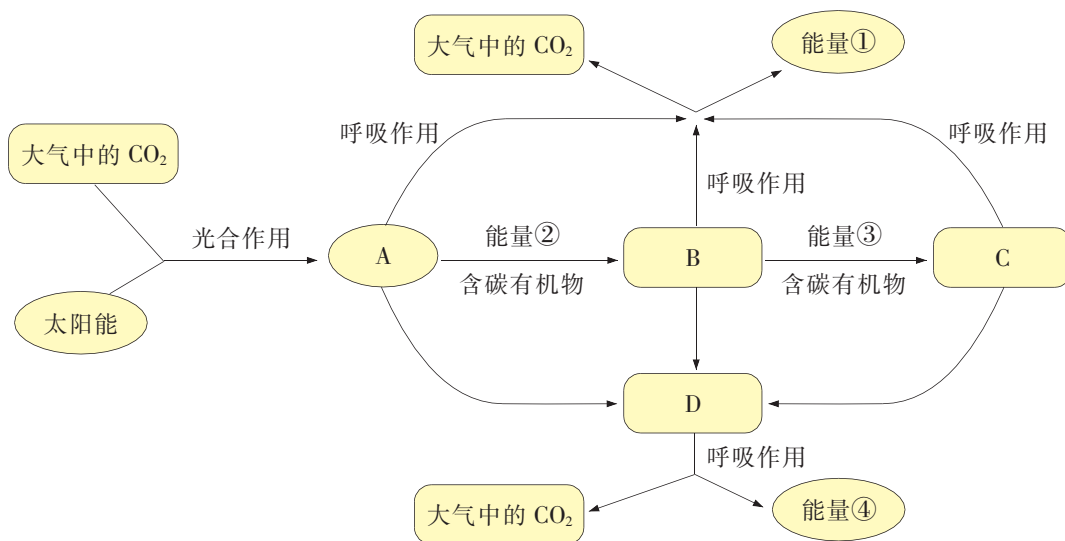
## 本节练习

### 一、思辨题

- 关于生态系统的物质循环,下列说法正确的是 ( )
  - 物质循环过程往往伴随能量循环利用
  - 物质循环的本质是化合物在生物圈中的循环
  - 微生物的分解作用是物质循环的重要环节
  - 沿食物链富集的物质不参与物质循环过程
- 自然界中磷元素的循环与碳元素的循环有所不同。通过查找资料,比较这两类元素循环的不同点主要体现在哪些方面?

### 二、应用题

- 科学家调查了某地区一个生态系统的碳循环状况。根据调查结果绘制了如下图所示的碳循环示意图。



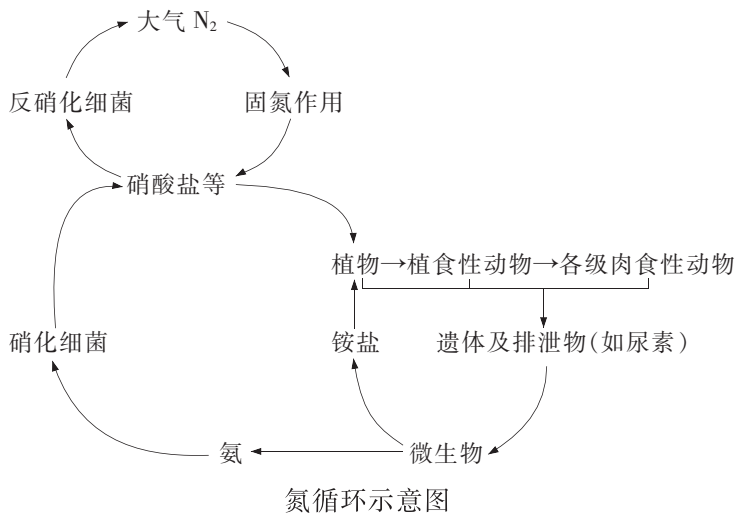
某生态系统碳循环示意图

- 在上述碳循环过程示意图中,完成方框中名词的填写。上述图示中还可以添加哪些环节?
  - 图示中有一些绿色植物和动物,这些生物在碳循环过程中分别起什么作用?
  - 上述示意中的各部位的“能量”标注有什么不同?
  - 从上图中可以看出,人类活动对碳循环也有重要影响。尝试根据日常生活的衣食住行方面的实例,阐述人类倡导的低碳生活对碳循环会有什么积极影响。
- 生态系统中的碳循环是在循环往复地进行的。其中,微生物在循环中发挥着特殊的作用。用实例说明细菌等微生物在碳循环中发挥的作用。

## 氮循环

地壳中的氮元素主要以大气中的氮气和土壤中的硝酸盐等形式存在。氮循环是指生物圈中氮气与含氮化合物之间相互转换的过程。氮循环是生态系统中最重要物质循环之一。

大气中的氮气大约占大气体积的 78%。通过固氮作用(如生物固氮、工业固氮和光电固氮),大气中游离的氮可以转变为硝酸盐等无机含氮化合物,从而被植物吸收利用。沿着食物链(网),植物中的有机含氮化合物被各营养级的生物同化利用。动物体内的部分蛋白质在代谢中生成尿素等含氮化合物。尿素在土壤中可以被植物直接吸收,但更多的是被土壤微生物转化为可以被植物吸收利用的铵盐。动植物的遗体等经微生物的分解作用形成氨,氨可以被硝化细菌进一步氧化成为硝酸盐。硝酸盐能被反硝化细菌等逐步转化为氮气,进而返回大气。植物、动物和微生物等共同参与了生物圈中的氮循环(下图)。



当然,自然界的氮循环过程比上述过程更复杂。此外,自然界还存在磷循环、硫循环等。



## 第四节 生态系统的信息传递

汉语是世界上词汇量最为丰富的语言之一。汉语中对不同动物的叫声有不同的表达：马嘶、牛哞、狼嚎、虎啸、鸡鸣、犬吠、狮吼、猿啼、熊咆……其实，这是动物在用声音传递觅食、御敌、求偶、警戒等信息。社会性动物如蜜蜂更是依靠信息传递来维持群体生活。我们常说蜜蜂会通过“舞蹈”传递信息。这是真的吗？



积极思维

蜜蜂的“舞蹈”是在传递信息吗？

事实：

1. 一群蜜蜂一般由成千上万个个体组成，其成员包括蜂王、工蜂和雄蜂三种。工蜂是其中个体数量最多的，负责建造蜂巢、守卫蜂巢、生产蜂蜜、饲养幼蜂、服侍蜂王等工作，它们的协调一致都依赖于个体之间的信息传递。

2. 有人研究发现，在大批工蜂出巢采蜜前，先有部分工蜂（侦察蜂）去寻找蜜源。一旦发现了采蜜地点，它们会在飞回蜂巢后，用“跳舞”的方式传递食物所在地点的信息（图 3-4-1），并以附在身上的花粉传递食物种类的信息等。

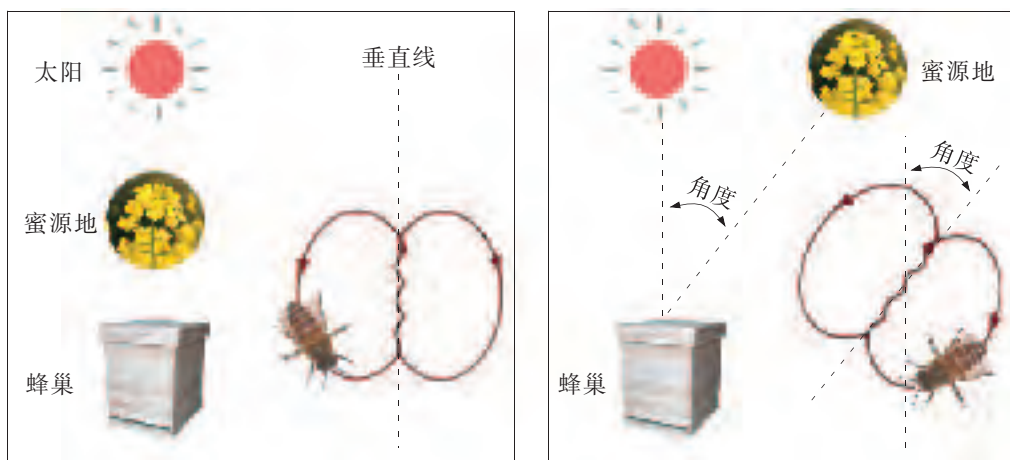


图 3-4-1 蜜蜂的“8”字舞示意图

思考：

解释 根据上图，分析蜜蜂的“8”字舞传递了什么信息。

蜜蜂的神奇行为一直令人感叹不已，貌似简单的“8”字舞竟然传递了如此丰富的有关食物位置的信息。信息传递对各种生物的生存都非常重要。生物之间传递的信息有的来自同种生物或异种生物，有的来自无机环境。那么，生物之间是如何传递信息的呢？

## 生态系统的信息种类

生态系统除了能量流动、物质循环外,还存在着众多复杂的信息传递。例如,消融的冰雪、温暖的空气、和煦的阳光……会将春的气息传递给大地万物,于是有了大地复苏,春花烂漫,燕子归来,蜂蝶飞舞……每种生物都能根据周围无机环境变化的信息(information)不断调整自身的行为。在生态系统的种群和个体之间也存在着信息交流。这些信息是能引起生物生理、生化和行为变化的信号。生态系统中的这些物理信息(physical information)、化学信息(chemical information)、行为信息(behavior information)和营养信息(nutrition information)等,把生态系统各部分联系起来并协调为统一的整体。

生态系统中以物理过程为传递形式的信息称为物理信息。物理信息可以来源于无机环境,也可以来源于生物体。光、声、热、电、磁等都是物理信息。例如,向日葵向光生长的现象与光信息有关(图 3-4-2);烟草、莴苣的种子在萌发时必须要有光信息,而光信号会抑制苋菜、番茄种子的萌发;在繁殖期间,雄蛙和雄蝉都通过鸣叫引起同类异性的反应,这与声信息有关;在繁殖期间,雄性电鳗借助改变自己的电波释放(如放电频率)引起雌鱼的注意,这与电信息有关。



图 3-4-2 向日葵向光生长的现象

### 问题与讨论

有人认为鸟类在迁徙中对方向的判断、海豚的回声定位、鱼的侧线感知水流方向等过程中接受的都是物理信息。

我们认同这样的观点吗? 还能举出其他类似的与物理信息有关的实例吗?

生态系统中以植物的生物碱、有机酸等代谢产物和动物性外激素等化学物质传递的信息称为化学信息。这些传递信息的化学物质称为信息素(pheromone)。生物释放的信息素虽然量很少,但会影响生物种群的交配、捕食等诸多方面。例如,雌蚕蛾释放性外激素吸引雄蚕蛾前来交尾(图 3-4-3);社会性昆虫能通过某些化合物(追踪信息素),使同种其他个体尾随气味追踪,以找到食物或返回巢穴。



图 3-4-3 雌雄蚕蛾交尾



图 3-4-4 丹顶鹤通过翩翩起舞（求偶行为）传递信息

生态系统中以生物的表现或动作等特殊行为特征传递的信息称为行为信息。例如，丹顶鹤求偶时，雌雄鹤会翩翩起舞相互传递信息（图 3-4-4）。它们通常在巢域内不断鸣叫，宣布对领地的占有；雄鸟引吭高歌，雌鸟高声应和，然后彼此对鸣、跳跃和舞蹈，进而配对、繁殖。

草原上有一种善于在地面行走的鸟，当发现敌情时，雄鸟会急速起飞，扇动两翼，给在孵卵的雌鸟发出逃避的信息。

### 问题与讨论

有人认为，雄狗外出时，会通过排尿行为传递领地归属信息，这属于行为信息；也有人认为雄狗外出排尿传递的信息属于化学信息。

根据所学知识，判断两种观点是否正确？为什么？

生态系统中的营养信息是指环境中的食物及营养状况。环境中的食物及营养状况会引起生物的生理、生化及行为发生变化。例如，食物短缺会引起动物迁徙，植物叶色是植食性动物取食的信息，被捕食者的体重、肥瘦、数量是肉食性动物取食的依据等。食物链就是一种生物的营养取食系统，其中的各种生物通过营养信息关系，构成一个相互依存和相互制约的整体。食物链中的各个营养级的生物要求有一定的数量关系，前一营养级的生物数量制约了后一营养级的生物数量。

### 生态系统的信息传递作用

生态系统中的信息来自植物、动物、微生物、人和非生物环境，这些信息在各成员之间或成员内部的交换、传递称为生态系统的信息流。这些信息把生态系统各部分联系、协调成为一个统一整体。但信息流不像物质流那样是循环的，也不像能量流那样是单向的。它往往是双向的，既有从信源（信息输出端）向信宿（信息接收端）的信息传递，也有从信宿向信源的信息反馈。一些科学家将信源传向信宿的信息流建成模型（图 3-4-5），包括信源、发信器官、信道、接收器官和信宿 5 个主要部分。生态系统中的各种信息通过传递发挥作用。

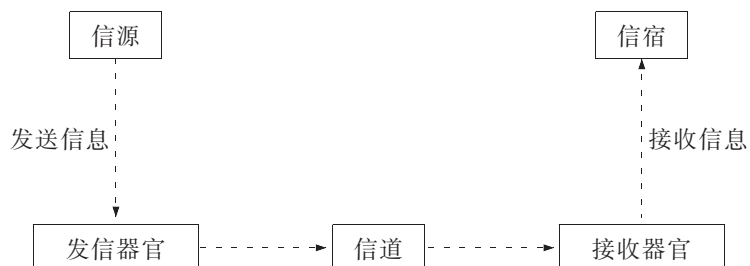


图 3-4-5 信源传向信宿的信息流传递模型

鱼类的洄游、候鸟的迁徙、蝙蝠的回声定位都与信息传递有关。生态系统中同种生物不同个体之间、不同生物种群之间都会通过一系列信息相互联系，生物在特定信息的影响下会做出恰当的反应及相应的变化。



## 积极思维

## 生态系统的信息传递有什么作用?

### 事实:

1. 与蝙蝠一样，海豚的生活离不开回声定位系统(图 3-4-6)。海豚发出声音后，声波在遇到障碍物时被折回，海豚下颌的骨骼组织收集被折回的声波，再集中传送至位于下颌后部的特定部位。海豚根据回声的强弱判断前方物体的方向、远近、大小。回声定位系统使海豚能适应深海的黑暗环境。



图 3-4-6 海豚的信息传递

2. 蝴蝶在求偶时，雄蝶追逐雌蝶，雌蝶接受追求后，雌、雄蝶会成双成对地翩翩起舞，进行婚飞(图 3-4-7)。婚飞能促进双方性激素的同步分泌。婚飞到一定阶段，雄蝶会在雌蝶的上方释放性外激素，雌蝶感知性外激素后会降落在植物或其他物体上等待与雄蝶交配。雌蝶如果不接受雄蝶追求会逃之夭夭。如果雌蝶在邂逅雄蝶时已交配过，雌蝶就会平展四翅，将腹部高高翘起，表示拒绝交配。



图 3-4-7 蝴蝶的信息传递

### 思考:

1. **分析** 回声定位这种物理信息的传递形式对于海豚的生存有什么意义?

2. **推理** 蝴蝶求偶、交配时的信息传递对于蝴蝶的生命活动有什么意义?

生物种群的繁衍和种间关系的调节等都离不开信息传递。所以，信息传递也是生态系统的基本功能之一。信息传递

能够调节生态系统的各组分之间的关系，强化生态系统的调节机制。它既有从输入到输出的传递过程，也有从输出到输入的反馈过程。例如，一些植物(如油菜)花朵的香味释放“采蜜”的信息，蝴蝶等昆虫循着气味信息前来吸食花蜜，同时也帮助植物完成传粉(图 3-4-8)；一些动物(如箭毒蛙)体表的醒目色斑传递出“勿食我”的警告信息(图 3-4-9)。



图 3-4-8 油菜花释放气味信息



图 3-4-9 箭毒蛙体表传递警告信息

研究生态系统中生物与生物之间、生物与环境之间的信息传递及其作用，在生产实践中具有重要意义。在农业生产中，可以通过模拟传粉昆虫的信息，吸引这些昆虫前来帮助农作物传粉，以提高农作物产量；也可以在田间释放人工合成的性外激素，干扰农作物害虫的正常交尾，以减少农药的使用量，达到既防虫又环保的目的；还可以通过短日照处理使菊花提前开放，或长日照处理使菊花延迟开放，从而获得较高的观赏价值和经济效益等。

## 知识链接

### 植物间的化感作用

19 世纪 40 年代，科学家就发现，有些植物经常群居（成片分布），有些植物经常与其他植物共居。研究表明，这些现象与植物的化感作用有关。化感作用是指植物通过向周围环境释放化学物质影响邻近其他植物生长发育的作用。这是植物信息传递的实例。植物间的化感作用与植物的种间竞争有所不同，种间竞争是指两个或多个种群争夺阳光、水、营养物质等必需资源的相互作用。

植物会通过挥发、根分泌、雨水淋溶和残体分解等途径释放化感作用物质，抑制其周围植物的生

长发育。例如，烟草、曼陀罗根部分泌的生物碱直接进入土壤对周围的其他植物产生抑制作用。

植物也会通过分泌物对其周围植物的生长发育产生促进作用。例如，洋葱和甜菜、马铃薯和大麦、豌豆和小麦、玉米和大豆、葡萄和紫罗兰、槭树和苹果树等之间，都可通过分泌物相互促进。

我们的祖先很早就认识到植物之间的这种相生相克现象，因此他们在农业生产上发明了间作、混作、套作和轮作等耕种方式，这是植物间的化感作用原理的应用实践。

## 本节练习

### 一、思辨题

1. 一个生态系统中存在着多种多样的信息。雌蚕蛾释放性外激素以吸引异性前来交尾传递的信息属于 ( )

- A. 化学信息      B. 行为信息      C. 物理信息      D. 营养信息

2. 一般地说,生物在特定信息的影响下会做出恰当的反应。尝试用实例说明这样的反应。

### 二、应用题

1. 2016年11月18日,我国发射的神舟十一号飞船返回舱成功着陆。航天员在“天宫二号”空间实验室展示了能够提供人工光源的人工栽培蔬菜(生菜)培养箱的情景(右图)。在太空中生菜仍然向光生长。



我国航天员首次进行太空人工栽培蔬菜实验

(1) 为什么植物在太空蔬菜培养箱中能像地球上的植物一样向光生长呢?

(2) 太空是高寒环境,平均温度约为 $-270.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,还存在电磁波和宇宙射线。太空还是一个高真空、微重力的环境。根据已有知识,说明其中哪些因素可能会对植物的生长发育产生影响。

2. 蜜蜂是社会性昆虫。如果养蜂人把一只新蜂王直接放入一个蜂巢中,用来更换老蜂王的话,工蜂就会一起攻击新蜂王,直至其死亡;而当养蜂人把一只新蜂王用水淋湿后放入蜂巢中,工蜂就会帮忙把新蜂王身上的水舔干,接着就以其为蜂王,将其供养起来。如何用生态系统中信息传递的知识来解释上述现象呢?

## 走近专业



野生动物保护专业的人员在野外监测大熊猫的行为

### 野生动物保护

野生动物保护专业主要学习动物学、动物行为学、野生动物管理等专业核心课程及繁殖综合训练等实践课程。该专业主要培养具有野生动物保护与利用、自然保护区管理等方面的基本理论和专业知识,能与野生动物和自然保护区相关的行业从事生产管理等工作的高级技术应用型专业人才。

学生毕业后可从事与野生动物保护和自然保护区相关的工作。



如果你想要更多地了解本专业的相关情况,请访问我国关于专业介绍的网站。



## 信息流的人工调控

科学家基于对自然生态系统中生物个体之间、种群之间、生物与环境之间的信息传递及其作用的研究，已经开始通过人工调控的方法控制生态系统内的生物活动，从而提高系统的生产力。

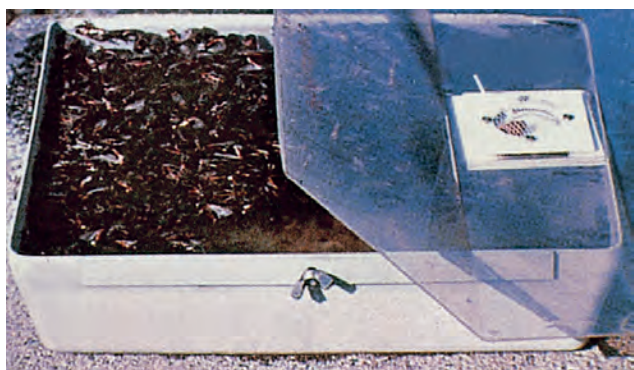
### 光信息的应用

利用光信息调控生物的生长发育。例如，利用各种昆虫的趋光性特点诱杀不同的昆虫。昆虫一般都具有趋光性，但不同的昆虫对各种光波波长的反应不完全相同。苹果蠹(du)蛾喜好趋向蓝光或紫光，二化螟对紫光反应最强，菜粉蝶喜好趋向黄蓝光，采用不同波长的光可诱杀不同的害虫。又如，根据各种植物的光周期特性，人工控制光周期可以使植物达到早熟和高产的目的。采用短日照处理菊花，可以使其在夏季开花以供观赏。

### 化学信息的应用

自然界生物的某些行为是由化学物质引起的。例如，黏虫成虫具有趋化性，对蜡味特别敏感。生产上可以利用这一特点，在制备杀虫剂时添加蜡类物质增强诱杀作用。又如，昆虫会分泌挥发性的性外激素，能影响同种昆虫其他个体的行为。科学家已经人工合成出许多种类的性外激素，可在田间释放过量的性外激素，使雄虫无法辨认雌虫的方位，从而干扰害虫的正常交尾活动；也可将性外激素与粘虫胶、农药、性引诱器(左图)等结合使用，以大量消灭害虫。

此外，研究动物的信息传递为仿生学开辟了应用前景。例如，模仿苍蝇嗅觉器官制成灵敏度极高的“小型气体分析仪”，可用于分析太空中和太空船舱里的气体。



一种昆虫性引诱器



## 第五节 生态系统的稳态及维持

走进大自然,我们可以在绵绵细雨中,接受雨丝的爱抚;可以在阳光的沐浴下,感受太阳的温暖。如果采到一束带着露珠飘着芳香的野菊花,深吸那沁人的芬芳,我们还能体味陶渊明那“采菊东篱下,悠然见南山”的诗情画意。雨水、阳光、植物等大自然的馈赠看似普通,但是,如果我们真的失去了它们,后果会怎样呢?生物圈Ⅱ号的失败给出了部分答案。



### 积极思维

### 生物圈Ⅱ号的失败说明了什么问题?

#### 事实:

1. 生物圈Ⅱ号(Biosphere Ⅱ)是美国建于亚利桑那州图森市以北沙漠中的一座微型人工生态循环系统。生物圈Ⅱ号由热带雨林、热带草原、海洋、沼泽、沙漠等5个模拟野生生物群落以及集约农业区和居住区2个人工生物群落组成。圈内共有约4 000个物种,包括动物、植物、微生物等(图3-5-1)。

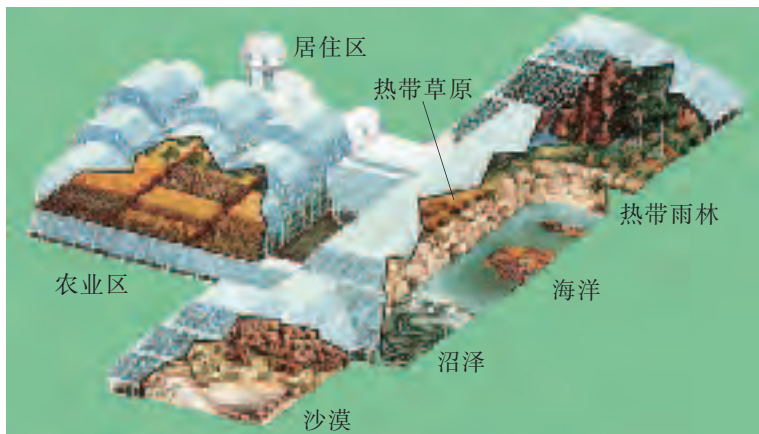


图3-5-1 生物圈Ⅱ号模式图

2. 1991年9月26日,4男4女共8名科研人员首次进驻生物圈Ⅱ号。这项原本预期进行两年的实验,在进行了18个月后,系统就已经严重失衡,氧气浓度从21.5%降到14%,难以维持研究者的生命;原有的25种小动物中有19种灭绝;为植物传播花粉的昆虫也全部死亡,相关植物无法繁殖……最后科研人员被迫提前离开了生物圈Ⅱ号。

#### 思考:

1. 分析 生物圈Ⅱ号和地球(生物圈Ⅰ号)有什么差别?
2. 推理 生物圈Ⅱ号的失败说明了什么问题?

生物圈Ⅱ号失败,科研人员要“逃离”生物圈Ⅱ号只要走进生物圈Ⅰ号就行。但是如果生物圈Ⅰ号也变得和生物圈Ⅱ号一样,不再适合人类生活,人类还能逃到哪里去?这警示我们,关注并身体力行地维持生态系统的稳态是非常重要的。

## 生态系统的稳定性是动态的

生态系统中物质、能量和信息的相互作用会受到各种干扰。对于一定程度的干扰,生态系统能通过自我调节保持相对稳定。生态系统所具有的保持或恢复自身结构和功能相对稳定的能力称为生态系统的稳定性(ecosystem stability),也称生态系统的稳态。

生态系统的稳定性表现在两个方面,一方面表现为抵抗力稳定性(resistance stability),即生态系统抵抗或消除外界干扰,并使自身的结构与功能保持原状而不受损害的能力。例如,在遭受虫害时,草原上植物的再生能力就会增强,这样可以避免虫害对草原造成破坏。另一方面表现为恢复力稳定性(resilience stability),即生态系统在受到外界干扰因素的破坏后恢复到原状的能力。例如,草原在遭受火灾后往往会逐渐长出新的植被,恢复原貌。

生态系统的抵抗力稳定性和恢复力稳定性的高低与许多因素有关。一般来说,生态系统中的物种越多,遗传基因库越丰富,食物链、食物网所构成的营养结构越复杂,环境条件相对稳定,抵抗力稳定性就越高。例如,相比于温带针叶林(图3-5-2)、温带稀树草原(图3-5-3)和荒漠(图3-5-4),热带雨林(图3-5-5)的抵抗力稳定性较高。反之,抵抗力稳定性高的生态系统往往恢复力稳定性较低。



图 3-5-2 温带针叶林



图 3-5-3 温带稀树草原



图 3-5-4 荒漠



图 3-5-5 热带雨林



## 边做边学

### 观察不同生态瓶中生态系统的稳定性

#### 实践:

1. 2~3 人组成一个实验组。
2. 每个实验组在充分讨论的基础上,设计并制作一个封闭的生态瓶(图 3-5-6)。记录生态瓶中生物因素和非生物因素的变化。
3. 将制作好的生态瓶放置于室内通风、光线良好的地方,注意要避免阳光直射。
4. 每天观察这些生态瓶中的生物种类、数量等方面的变化情况,并做好观察记录。
5. 一段时间(如一个月)后,比较本组和其他组制作的生态瓶中生态系统的稳定性,并分析原因。以组为单位撰写实验报告。



图 3-5-6 制作好的生态瓶

#### 讨论:

生态瓶中生态系统稳定性的维持与哪些因素有关?

从上述生态瓶中生态系统稳定性的观察活动中可以看出,许多因素可以影响生态系统的稳定性。在生产实践中,保持和提高生态系统稳定性具有重要意义。



## 积极思维

### 如何保持与提高池塘生态系统的稳定性?

#### 事实:

1. 在池塘生态系统(图 3-5-7)中,一般底部沉积物较多、富含营养物质,水体中溶有氧、二氧化碳等。
2. 池塘中的生产者主要有藻类和挺水植物、浮水植物、沉水植物等。
3. 池塘中的消费者有以水草、浮游植物为食的草鱼、鲢鱼等,也有以动物为食的乌鳢、青鱼等。
4. 池塘中还分布着多种微生物。



图 3-5-7 池塘生态系统

#### 思考:

1. **分析** 芦苇、菖蒲等挺水植物一般种植在池塘的边缘,这对于池塘生态系统的稳定性有什么作用?
2. **判断** 睡莲、菱等浮水植物种植得越多越好吗?
3. **推理** 为什么提倡在池塘生态系统混合养殖植食性鱼类(如鲢鱼)、肉食性鱼类(如青鱼)以及杂食性鱼类(如鲫鱼)?
4. **设计** 提出保持和提高池塘生态系统稳定性的方案。

## 生态系统的稳定性依赖自我调节

生态系统的稳定性是自我调节的结果。在这一过程中，生态系统中生物类群在不断变化，生物生存的环境条件也在不断地变化。



图 3-5-8 生活在北欧的旅鼠

一些科学家对旅鼠(图 3-5-8)进行了研究。旅鼠是一种常年生活在北欧的小型哺乳动物，它们的主要天敌之一是北极狐。旅鼠以植物为食，食量惊人，繁殖能力也很强。科学家们发现，每隔 3~4 年旅鼠数量会剧增一次，其数量变动与其天敌数量变动具有周期性。当旅鼠数量急剧增加给北极狐提供了大量的食物来源期间，北极狐数量也随之急剧增加，而当旅鼠数量骤减后，北极狐数量也随之骤减。这说明，在没有人为了因素干扰的情况下，生态系统的稳定性是其自我调节的结果。



在生态系统稳定性的自我调节中，为什么说负反馈调节比正反馈调节更重要？

生态系统稳定性的自我调节主要是通过负反馈调节机制进行的。例如，如果草原上的植食性动物(如兔)迁入，草原上的植物就会因此而减少，植物的减少反过来会抑制草原上植食性动物(如兔)数量的增加，草原生态系统的相对稳定得以保持(图 3-5-9)。

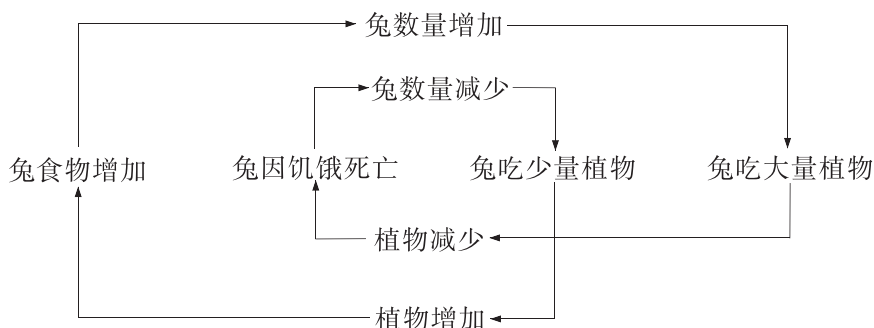


图 3-5-9 兔种群与植物种群之间的负反馈调节

这种负反馈调节方式在生态系统中普遍存在。

### 知识链接

#### 生态系统中的正反馈调节

反馈信号的极性与系统输入信号的极性相同，从而起着增强系统净输入信号的作用，我们称之为正反馈调节。

生态系统也存在正反馈调节方式。正反馈的作用与负反馈相反，即生态系统中某一成分的变化不是起抑制作用，而是加速最初发生的变化。例如，一

个池塘生态系统受到污染，鱼类因死亡而数量减少，死鱼又因腐烂或被细菌分解等进一步加重池塘污染，并引起更多的鱼类死亡。因此，由于正反馈的作用，鱼类死亡速度会越来越快，污染也会越来越严重。正反馈调节对生态系统的稳定性往往具有极大的破坏作用。

## 自然或人为因素影响生态系统的稳定性

一个生态系统在遭到轻微破坏后,通过自我调节可以重新焕发生机;但一个生态系统在遭到严重破坏,超过其自我调节能力时,恢复到原状的难度也将加大。许多自然或人为因素都会影响生态系统的稳定性。

### 自然因素影响生态系统的稳定性

自然因素包括气候变化和自然事件等。

对一个地区而言,气候变化一般是有规律的,如果这种规律发生改变,就会影响生态系统的稳定性。例如,夏季持续高温、无雨会引发某地区的池塘、河流逐渐干涸,生活在其中的各种植物、动物因缺水而死亡,这些池塘、河流生态系统的稳定性也因此被破坏(图 3-5-10)。

偶发的自然事件也会影响生态系统的稳定性。例如,某地区因雷电而引发了森林大火(图 3-5-11),或因地震而引发了山体滑坡等,这些偶发的自然事件也会伤害或改变环境,对该地区生态系统的稳定性造成严重影响。

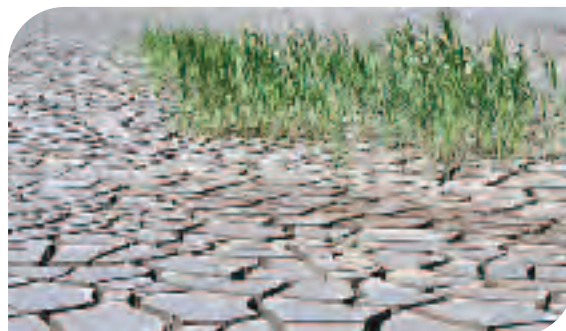


图 3-5-10 干旱导致植物死亡



图 3-5-11 雷电引发森林大火

### 问题与讨论

我们已经很清楚气候变化和自然事件对生态系统稳定性的影响了。还有什么实例能说明其他自然因素对生态系统稳定性的影响吗?

### 人为因素影响生态系统的稳定性

与自然因素相比,人为因素对生态系统稳定性的影响常常表现得更为显著。

人类活动产生了许多污染物(表 3-5-1)。

表 3-5-1 人类活动产生的部分污染物

工业类型	主要污染物
航空和汽车制造	化工废液、油漆污染
化工	酸、碱、废弃化合物和催化剂
医药	有机溶剂和残留重金属(如汞)
电子	腐蚀酸、电镀废弃物、除脂溶剂
制革	制革废弃物、硫化物、除脂溶剂
油漆	重金属、色素、有机溶剂
农药	有机氯和有机磷残留
石油精炼	酸、碱、催化剂、四乙基铅废弃物、含油废液、酚类和重金属
塑料	有机氯化物及其聚合物、有机溶剂、树脂和黏合剂
纺织	重金属、染料、有机氯化物、有机溶剂
造纸	酸、碱、造纸废液



图 3-5-12 亟待处理的塑料垃圾

以塑料为例,它已经威胁到生态系统的稳定性。塑料是从石油或煤炭中提取的化学产品,塑料制品色彩鲜艳,质量轻,不怕摔,经济耐用,它的问世给我们的生活带来了诸多方便。随着人口的增加,塑料使用量不断增长。然而塑料很难处理,埋在地下数百年也不易降解。亟待处理的塑料垃圾(图 3-5-12)就越积越多。

我国从 2008 年 6 月起实行“限塑令”,即在所有超市、商场、集贸市场等商品零售场所实行塑料购物袋有偿使用制度,但塑料污染问题仍然很严重。



## 放眼社会

### 微塑料威胁生物的生存

2014 年联合国环境规划署出版的年鉴指出,除了我们看到的塑料垃圾外,还有一类称为微塑料(直径小于 5 mm 的塑料颗粒)的材料(图 3-5-13)正在日益威胁生物的生存。微塑料已越来越多地直接用于诸如牙膏、发胶和洁面乳等消费品中,而它们在污水处理过程中难以被过滤去除,最终会直接排放到河流、湖泊和海洋中。微塑料极易被海鸟、鱼类、贝类、浮游生物等摄入体内,危及生物

的生存。而聚集在微塑料上的有害微生物等还可能传播疾病。

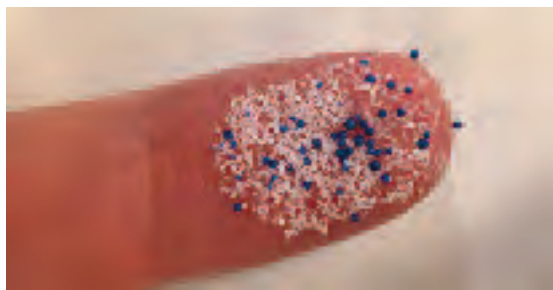


图 3-5-13 微塑料材料



虽然有了“限塑令”,但塑料污染仍然很严重。你能提出一种推进“限塑令”切实执行的新方案吗?

当然,塑料污染仅仅是人类活动影响生态环境的一个方面,其他污染物的影响也已经引起全世界的关注。1972 年,在瑞典斯德哥尔摩举行了第一次联合国人类环境会议,世界各国政府共同讨论当代环境问题,探讨保护生态系统稳定性的战略。同年,联合国大会把每年的 6 月 5 日定为“世界环境日”,强调保护与改善人类环境的重要性。

人为引入或消灭某些生物会损害生态系统的自我调节能力。例如,随着国际交流日益频繁,外来物种(alien species)会由原产地通过自然或人为途径传入新的生态系统中,并在新的环境中大量生长和繁殖,从而影响该地区物种的多样性。



**事实:**

尼罗罗非鱼(图 3-5-14)是我国公布的第三批 18 种外来入侵物种之一。原产于尼罗河流域的尼罗罗非鱼目前已经在 100 多个国家和地区有养殖记录。1978 年我国首次引进尼罗罗非鱼,并在全国各地推广养殖。目前除上海市、青海省、宁夏回族自治区外,其他地区均有养殖记录。由于其适应能力强、食性杂、生长迅速、繁殖力强等特征,已经造成入侵地鱼类的物种多样性显著降低。



图 3-5-14 尼罗罗非鱼

**思考:**

1. **推理** 以尼罗罗非鱼为例,推理外来入侵物种对生态系统稳定性的影响。

2. **分析** 我国为什么要防止外来物种的入侵?

长期以来,我们对外来物种的入侵缺乏足够的认识和系统的调查研究。国际自然及自然资源保护联盟公布的 100 种破坏力最强的外来物种中,约有一半已经侵入中国。这些物种给我国的农、林、渔、牧业以及生态环境带来了严重危害。例如,凤眼莲(又名水葫芦)原产自巴西东北部,1901 年作为花卉从日本引入我国台湾地区。20 世纪 50 年代我国大陆地区将其作为猪饲料推广,在华北、华东、华中和华南的 19 个省(自治区、直辖市)进行栽培,之后凤眼莲在长江流域及以南地区扩散。凤眼莲的大量繁殖造成河道堵塞(图 3-5-15),威胁了本地生物多样性(biodiversity),破坏了水域生态系统的稳定性。



图 3-5-15 凤眼莲大量繁殖堵塞河道

外来物种入侵也使我国保护生物多样性的任务更加艰巨。例如,加拿大一枝黄花原产于北美,1935 年作为观赏植物引入中国,之后扩散蔓延成为杂草,分布十分广泛。加拿大一枝黄花的繁殖力极强,生长优势明显,生态适应性广,传播速度快,与周围植物争夺阳光、肥料,导致其他植物难以生存,对本地生物多样性构成了严重威胁(图 3-5-16)。



图 3-5-16 加拿大一枝黄花扩散蔓延



## 本节练习

### 一、思辨题

1. 下列措施中,有利于维持森林生态系统稳态的是 ( )

- A. 引入外来物种,增加该生态系统营养结构的复杂程度
- B. 彻底清除枯枝落叶,提高种子萌发率和幼苗的成活率
- C. 去除数量稀少的植物种类,为优势植物种类腾出空间
- D. 加强对各类生物和环境的保护,减少人类活动的干扰

2. 有人认为,许多自然因素虽然会影响生态系统的稳定性,但不足以破坏生态系统的稳定性,因为生态系统会通过自我调节恢复稳定性。我们认同这样的观点吗?如何用实例佐证我们的观点?

### 二、应用题

1. 从理论上说,一个生态系统的抵抗力稳定性越高,其恢复力稳定性相对就越低。

(1) 对于森林公园等人工生态系统来说,采取哪些措施有利于增强其抵抗力稳定性?

(2) 联系实例说明为什么要建立国家森林公园等自然保护区。

2. 某班同学为观察生态系统如何维持稳定性,设计了4个密闭、透明的生态瓶,各瓶内的组成和条件见下表。经过一段时间的培养和观察后,他们发现不同的生态瓶中生态系统稳定性的差异显著。

不同生态瓶的组成

生态瓶编号	生态瓶组成					
	光	水草	藻类	浮游动物	小鱼	细菌
甲	+	+	+	+	-	+
乙	-	+	+	+	-	+
丙	+	+	+	+	-	-
丁	+	+	+	+	+	+

注:“+”表示有,“-”表示无。

分析上表中的信息,回答下列问题。

(1) 最为稳定的生态瓶是哪个?为什么?

(2) 乙瓶中藻类的种群密度变化趋势怎样?是什么原因导致了这种变化?

(3) 与甲瓶相比,丙瓶产生了较多的有机物,为什么会出现这种现象?

(4) 与甲瓶相比,丁瓶氧气含量有何不同?为什么?

(5) 根据4个生态瓶中生态系统稳定性的比较结果,可以得出哪些结论?

3. 春夏季,池塘生态系统因气温升高,导致藻类大量繁殖,引起以藻类为食的浮游动物也开始大量繁殖,藻类因被浮游动物大量取食而逐渐减少。后期,该生态系统遭到了生活污水的污染,部分浮游动物死亡;浮游动物死亡又加重了水体污染,导致更多浮游动物和植物死亡。根据本节所学有关生态系统自我调节的知识,分析该池塘生态系统的变化是否都是负反馈的结果。

## 防范生物物种资源丧失和外来物种入侵

由于人口的增长、对生物物种资源的过度开发、外来物种的引进、环境污染、气候变化等原因,我国生物物种资源丧失和流失情况比较严重。为此,国家环境保护总局早就制定了《全国生物物种资源保护与利用规划纲要》,以推进我国生物物种资源的可持续利用。该纲要认为,“生物物种资源”是指具有实际或潜在价值的植物、动物和微生物物种以及种以下的分类单位及其遗传材料。纲要还针对陆生野生动物资源、水生生物资源、畜禽遗传资源、农作物及其野生近缘植物种质资源、林木植物资源、观赏植物资源、药用生物物种资源、微生物资源的现状,提出了具体的保护与利用措施。

为防范生物物种资源丧失和外来物种入侵,该纲要还针对性地提出了具体措施。例如,携带、邮寄、运输生物物种资源出境,必须提供有关部门签发的批准证明;涉及濒危物种进出口和国家保护的野生动植物及其产品出口的,需取得国家濒危物种进出口管理机构签发的允许进出口证明书;出入境检验检疫机构、海关要依法按照各自职责对出入境的生物物种资源严格执行申报、检验、查验的规定,对非法出入境的生物物种资源,要依法予以没收。

《“健康中国 2030”规划纲要》也在“健全口岸公共卫生体系”一节中,提出要建立种类齐全的现代口岸核生化有害因子(如核放射性物质、生物战剂和化学毒剂)防控体系,以及健全国门生物安全查验机制,有效防范物种资源丧失和外来物种入侵。



### 走近专业



生态专业的学生在野外进行土壤取样

#### 生态学

生态学专业主要学习生态学方面的基础理论、基本知识,进行基础研究和应用基础研究的实验训练,该专业的毕业生掌握现代生态学理论和计算机模拟等技能,初步具备教学、研究、开发和管理的的能力。

学生毕业后可从事高校、研究所生态学的教学与科研工作以及开展生态保护、生态产品的开发与生产等工作。



如果你想要更多地了解本专业的相关情况,请访问我国关于专业介绍的网站。

## 本章小结

### 概念回顾

●生物群落与非生物的环境因素相互作用形成多样化的生态系统。生态系统由生产者、消费者和分解者等生物因素,以及阳光、空气、水等非生物因素组成,各组分紧密联系使生态系统成为具有一定结构和功能的统一体。

●生态系统中存在物质循环、能量流动和信息传递过程。生态系统中的物质在生物群落与无机环境之间不断循环,能量在生物群落中单向流动并逐级递减,各种信息传递对生命活动有重要作用。生态系统中的物质循环、能量流动和信息传递的特点、范围及其作用可简单归纳和概括为下表。

物质循环、能量流动和信息传递的概念比较

比较项目	能量流动	物质循环	信息传递
特点	单向流动、逐级递减	全球性、循环往复	双向性
范围	在生态系统各营养级之间流动	在生物圈中进行	各成员之间或成员内部
作用	维持生态系统稳定的动力	为各种生物的生存和发展提供了条件	将生态系统各部分联系、协调成为一个统一整体

●生态系统中的生产者和消费者通过食物链和食物网联系在一起形成复杂的营养结构。生态金字塔表征了食物网各营养级之间在个体数量、生物量和能量方面的关系。

●生态系统通过自我调节作用保持或恢复自身结构和功能相对稳定。生态系统的稳定性会受到自然或人为因素的影响,如气候变化、自然事件、人类活动或外来物种入侵等。生态系统受到这些因素一定限度的干扰时,能通过自我调节来保持或恢复自身结构和功能的相对稳定,但这种能力是有限的,这种稳定是动态的。

### 素养提升

●基于生态系统稳态维持的概念,形成“结构与功能观”“稳态与平衡观”等生命观念。

●基于“调查农田生态系统的能量流动”等活动,能联系农业生产实际,结合真实情境和实例,设计出使能量持续高效地流向对生产有益部分的方案,促进农业生产获得更大的效益。

●从生态系统具备有限的自我调节能力的视角,能预测和论证某一因素(如滥砍滥伐行为或退耕还林还草措施)对该生态系统的影响以及可能引发的多种潜在变化。

## 本章练习

1. 1935年,英国生态学家坦斯利(G. Tansley, 1871—1955)提出了生态系统的概念。他认为,生态系统是“有机体的复杂组成,以及我们称之为环境的物理要素的复杂组成,以这些复杂组成共同形成一个物理的系统”。我们认同他的观点吗?

2. 下表是对某水域生态系统中的营养级和能量流动情况进行调查的结果,表中A、B、C、D分别表示不同的营养级,E为分解者。

某水域生态系统能量流动调查表

单位: $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$

营养级	各营养级生物的总能量	各营养级生物呼吸消耗的能量
A	15.9	13.1
B	870.7	501.3
C	0.9	0.6
D	141.0	79.1
E	211.5	191.4

(1) 能根据上述调查结果,写出一条可能的食物链吗? 能量流动是从哪一个营养级开始的? 为什么?

(2) 该生态系统中从第三营养级到第四营养级的能量传递效率是多少?

3. 某小组同学在15 d前制作的生态瓶一直保持相对稳定的状态。在这个生态瓶中,体现了生物与生物、生物与环境之间有什么关系? 请分析生态瓶等人工生态系统与自然生态系统(如水域生态系统)有什么不同。

4. 以身边的两个生态系统为例,通过搜集资料、设计方案和实施观察,确认不同的生态系统具有不同的自我调节能力。

5. 外来物种往往对入侵地生态系统中生物的生存和繁衍影响很大。请通过查阅资料或实际调查等方式说出本地区的某个外来物种,并分析该外来物种对本地生态平衡可能造成的影响。



如果你想要更多地了解与本章有关的内容,请访问:  
生态学、环境化学、环境生态学等相关网站。



画家笔下陶渊明的世外仙境

## 第四章

# 生态环境的保护

东晋时期诗人陶渊明在《桃花源记》中写道：“土地平旷，屋舍俨然，有良田美池桑竹之属。阡陌交通，鸡犬相闻。其中往来种作，男女衣着，悉如外人。黄发垂髫，并怡然自乐。”他给人们描绘了一个“环境优美，生活和谐”的世外仙境。

陶渊明所描绘的“环境优美”包含哪些因素？人口增长和人类活动对现代环境有哪些影响？人类社会可持续发展与环境保护有什么关系？我们应该怎样保护环境呢？

# 第一节 人口增长和人类活动影响环境

2010年11月1日零时，我国开展了第六次全国人口普查。这次人口普查查清了人口(population)数量、结构、分布等状况，对科学制定国民经济政策，实现可持续发展战略，具有重要意义。实际上，1950年以来，我国进行了数次人口普查。那么，我国人口的现状和变化趋势是怎样的呢？



积极思维

我国人口的现状和变化趋势是怎样的？

事实：

1. 1953年、1964年、1982年、1990年、2000年和2010年，我国分别进行了全国范围的六次人口普查。这六次人口普查获得的人口数量数据如表4-1-1所示（未包括港澳台）。

表4-1-1 我国人口普查中人口数量数据表

时间	人口数量/亿人	时间	人口数量/亿人
1953年	6.0	1990年	11.3
1964年	6.9	2000年	12.7
1982年	10.1	2010年	13.4

2. 一般来说，一个国家在没有人口迁出、迁入的情况下，其人口数量在出生率大于死亡率时增加。反之，人口数量减少。

思考：

分析 根据上述表格里我国人口数量的数据，分析我国人口数量的现状和变化趋势。

我国人口的现状和变化趋势：人口基数大，在较长的时期内仍将持续增长。人口普查的其他统计数据还表明，目前我国人口的出生率和自然增长率明显下降，已进入了低生育水平国家的行列。世界人口的现状和变化趋势与我国人口的现状和变化趋势一致吗？

## 世界人口日益增长

在人类漫长的发展时期,人口数量长期处于较低水平。随着农业生产的发展和工业革命的到来,人口才开始持续地增长。根据联合国发布的资料,地球上第 60 亿个人出生于 1999 年 10 月 12 日;地球上第 70 亿个人出生于 2011 年 10 月 31 日,这期间仅隔 12 年。另外,发展中国家和发达国家的人口数量变化趋势也有所不同(图 4-1-1)。

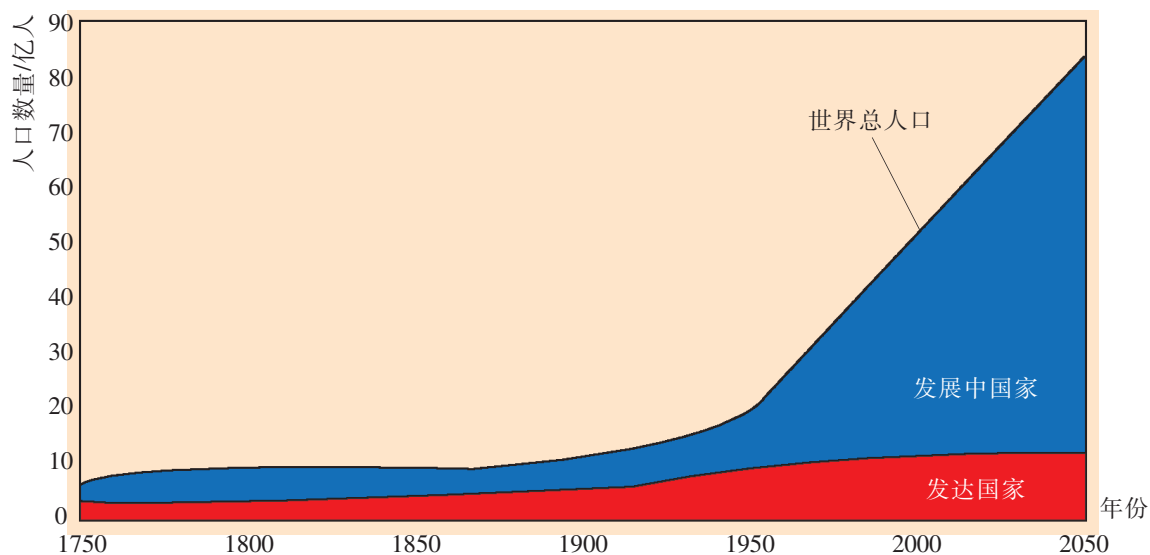


图 4-1-1 发展中国家与发达国家的人口数量变化趋势示意图

20 世纪下半叶,世界人口增长的特点是增速明显加快,其中发展中国家的人口数量增速超过发达国家。人类的生存和发展必须依赖地球,为了繁衍生息,人类不断地从自然界攫取各种资源。这也导致了人口数量增长和地球有限资源之间的矛盾日益突出。

事实证明,由于种群数量激增造成资源枯竭,最后将会导致种群的衰亡。1910 年,有人在远离美洲大陆的圣保罗岛做了一个实验:将 25 只鹿放在岛上饲养。这个森林茂密的岛屿是鹿群繁衍生息的理想场所,再加上没有天敌,鹿群繁殖得很快,到 1938 年已增殖到 2 000 只。鹿群数量激增导致岛上食物短缺,鹿大量饿死,到 1950 年只剩下 8 只鹿。这个实验虽然讲述的是一个鹿群的兴衰过程,但是对人类仍然是一个强烈的警示。

因此,控制人口增长,谋求人类与经济、社会、资源、环境的协调发展逐渐成为人类社会的共识。针对人口的快速增长问题,很多国家都以直接或间接的方式干预本国的人口发展过程。1987 年 7 月 11 日,世界人口达到 50 亿。为纪念这个特殊的日子,1990 年,联合国将每年的 7 月 11 日定为“世界人口日”,以唤起人们对人口问题的关注。

## 人口增长和人类活动引发全球性环境问题

20 世纪以来,随着科技的进步,社会生产力获得极大的提高,人类也创造了前所未有的物质财富,加快了世界文明的进程。但是,人口增长和人类活动引发的全球气候变化、资源匮乏、臭氧层破坏、酸雨频发以及荒漠化加剧等一系列环境问题也接踵而至。

### 全球气候变化

全球气候变暖是全球气候变化的主要表现之一。人类在 100 多年以来大量使用煤、石油等化石燃料,排放出大量的二氧化碳及其他多种气体。大气中的二氧化碳、甲烷、一氧化二氮、氟氯烃等温室气体大量聚集,这些气体对来自太阳辐射的可见光具有高度的透过性,而对地球辐射出来的红外线具有高度的吸收性,这样就产生了“温室效应”(greenhouse effect)。温室效应的增强导致全球气候变暖(图 4-1-2)。全球气候变暖会使全球的降水量重新分配、冰川和冻土消融、海平面上升等,危害自然生态系统的平衡。



根据温室气体的来源思考,你在日常生活中可以做哪些事情以减少温室气体的排放?

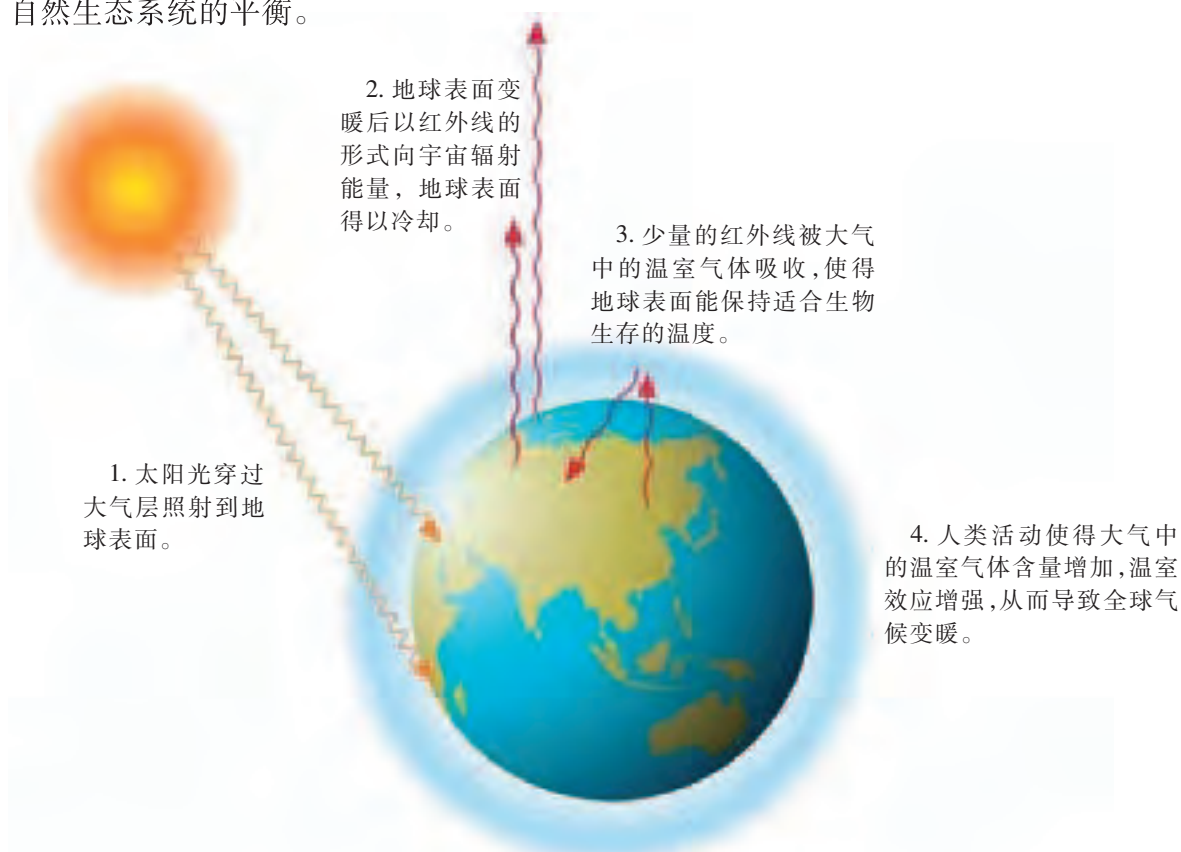


图 4-1-2 温室效应示意图

2014 年 12 月,在秘鲁首都利马召开的《联合国气候变化框架公约》第 20 轮缔约方会议上,我国政府表示,2016~2020 年期间将控制每年的二氧化碳排放量,这体现了我国政府对国际责任的担当。



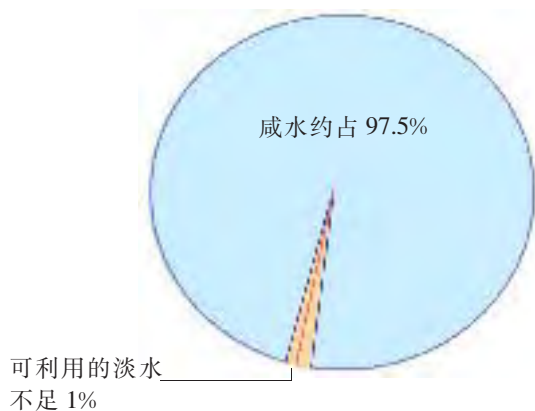


图 4-1-3 世界水资源情况示意图

### 资源匮乏

水是生命之源，是工农业生产的基本条件之一。但目前世界水资源(water resource)日益匮乏。有资料表明，地球表面上的水约有 97.5%是咸水，淡水约占 2.5%，淡水的绝大部分又被冻结在冰雪中(图 4-1-3)。但人类活动的耗水量仍在迅猛增长。虽然我国水资源总量较多，但人均量较少。1993 年，联合国环境规划署将每年 3 月 22 日定为“世界水日”，以警示全球性水危机，倡导“节约用水，从我做起”。

土地给人类提供食物，满足人类生存的基本需求，人类的发展也离不开土地资源(land resource)。例如，城乡发展必然要修建房屋、发展工农业生产，这些都要消耗土地资源。针对土地资源面临的压力将会进一步加大的困境，2014 年联合国粮食及农业组织举行会议，敦促世界各国立即采取行动，保护有限的土地资源并遏制土地退化，从而确保子孙后代拥有充足的食物、水、能源和原料供应。1991 年，我国政府将每年的 6 月 25 日定为“全国土地日”，以提高大众对保护土地资源的认识。

### 臭氧层破坏

距地球表面 20~30 km 高的大气层中，臭氧(O<sub>3</sub>)的含量非常丰富，被称为臭氧层。臭氧能吸收对人体和生物有杀伤力和致癌作用的紫外线、X 射线和 γ 射线。科学家早在 20 世纪 50 年代末就发现大气中的臭氧浓度有减小的趋势。1985 年，英国南极考察队在南纬 60°地区观测到臭氧层空洞，引起了世界各国极大的关注。根据流行病学的统计数据，随着大气层中臭氧的减少，皮肤癌的发病率会有所增加。此外，白内障等疾病的发病率也会增加。

#### 跨学科视野

紫外线在高空能被臭氧层吸收。有人说，这保护了地球上的生物免受辐射危害；有人说，透过的紫外线具有杀菌作用。

从物理视角看，这些说法有道理吗？

1995 年，联合国环境规划署确立每年 9 月 16 日为“国际臭氧层保护日”，以纪念 1987 年 9 月 16 日签署的《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》。该议定书要求所有缔约的国家根据议定书及其修正案的目标，采取具体行动限制氟利昂等破坏臭氧层物质的生产和消费。近年来有数据表明，经过世界各国人民的共同努力，臭氧层被破坏的情况有所缓解。

### 酸雨频发

人类大量使用煤、石油等化石燃料,燃烧后产生的硫氧化物或氮氧化物,在大气中经过复杂的化学反应形成硫酸或硝酸,被雨、雪、雾、雹捕获吸收,降落到地面成为酸雨(acid rain)。酸雨是 pH 低于 5.6 的雨、雪、雾、雹等降水的总称。酸雨会影响水生生物的生存,破坏水体生态平衡,也会对陆地植物造成一定的伤害,破坏土壤肥力,改变土壤结构,导致土壤贫瘠,使农作物大幅度减产。酸雨还会腐蚀金属和建筑材料,损坏建筑物,影响城市景观。另外,酸雨对人体健康也有一定影响,如会导致眼部疾病和呼吸道疾病。

#### 跨学科视角

酸雨的成因很复杂,但肯定与化石燃料燃烧有很大关系。

从化学视角看,化石燃料燃烧后会产生哪些硫氧化物和氮氧化物?它们又是如何形成硫酸或硝酸的?

防治酸雨的有效办法主要包括减少化石燃料的燃烧、限制二氧化硫和一氧化氮的排放量,也可采用生物脱硫技术脱除原煤中大约 40%~60%的无机硫。

### 荒漠化加剧

荒漠化(desertification)是指由于气候和人类活动等因素造成的干旱、半干旱等地区的土地退化。荒漠化造成大片土壤生产力下降或丧失。据联合国环境规划署估计,全球约占 1/3 的陆地面积受到荒漠化的威胁,特别是在亚洲和非洲的一些发展中国家表现得尤为突出。

我国是世界沙化面积最大、危害最严重的国家之一,土地沙化严重影响数亿人口的生产生活。加速治理沙化土地,严格控制土地沙化,已成为我国生态建设的一项重要而紧迫的任务。近年来,我国政府的各项防沙治沙措施如三北防护林工程和推进退耕还林还草工作(图 4-1-4),都已经取得了明显的成效。



图 4-1-4 我国政府一直在推进退耕还林还草工作

## 环境污染

目前,环境污染(environmental pollution)问题已引起世界各国的高度关注,其中江河湖海等水体污染是环境污染的重要方面。我国的长江、黄河都曾受到不同程度的污染,我国的海洋也因海洋运输业、石油开采业和养殖业的不断发展而造成一定的污染。



图 4-1-5 水体的富营养化

人类的生产和生活活动会产生一定量的污水,包括生活污水、化学肥料、杀虫剂、除草剂和洗涤剂,甚至某些有毒或具有放射性的物质等,这使越来越多的江河湖海变质,饮用水的质量下降。例如,农田土壤中的化肥经雨水冲刷就常常造成水体富营养化(图 4-1-5),水体的富营养化会导致其中的生物大量死亡。

我国已采取措施对江河湖海进行保护和治理。例如,严格控制污染源,生产工艺无害化、工业用水封闭化,采用无水造纸法和无水印染法,建立污水处理厂等。这些措施使部分地区的水质开始恢复,有的地区甚至已变成了风景宜人的旅游区。

此外,外来物种入侵等一系列全球性环境问题也对生物圈的稳态造成威胁,同时也影响到人类的生存和可持续发展。



## 边做边学

## 调查当地环境中存在的主要问题

### 实践:

1. 以自己生活的社区等为调查对象,独立开展调查活动。
2. 在调查时,可以从全球性气候变化、资源匮乏、臭氧层破坏、酸雨频发、荒漠化加剧、环境污染以及外来物种入侵等环境问题中选择 1~2 个问题,调查这些问题对自己生活的社区有什么具体影响。
3. 针对重点调查的主题,设计相应的调查表格,记录观察到的现象或通过实验获得的数据。例如,观察记录池塘水的富营养化

现象,测定和记录池塘水的酸碱度、绿藻种类和数量等数据。

4. 通过互联网或图书馆搜集相关资料,汇集和处理调查所记录的现象和数据,得出自己的调查结论。

### 讨论:

1. 举例说出当地环境中存在的问题与人类活动有什么关系?
2. 针对当地环境问题,提出一些保护环境的建议或行动计划。

## 本节练习

### 一、思辨题

1. 下列关于人类活动和全球性环境问题的叙述,不正确的是 ( )
- A. 人类活动使用大量化石燃料是产生温室效应的主要原因
- B. 如果处理不好人类活动和水资源利用之间的关系,人类将面临全球性水危机
- C. 人类活动导致的土地沙漠化是制约这些地区发展的重要限制因素
- D. “先污染后治理”可协调环境污染和经济发展之间的关系
2. 除气候变暖外,还有哪些全球性环境问题?

### 二、应用题

1. “地球一小时”是世界自然基金会应对全球气候变暖提出的一项节能活动。2018年3月24日,全球180多个国家和地区通过熄灯一小时来激发人们保护地球的责任感,以及对气候变化等环境问题的思考。为推动此活动,社会各界还制作了许多宣传画(右图)。

(1) 这一活动的主题是什么?

(2) 我国政府表示要控制每年的二氧化碳排放量,联系物理学、化学的知识,说明努力控制二氧化碳排放量与减缓全球气候变暖之间的关系。

(3) 作为一名中学生,我们能为减缓全球气候变暖做些什么?

2. 有一句脍炙人口的环保广告语:“如果人类再不珍惜水,地球上最后一滴水将是人的眼泪。”读后振聋发聩,令人如醍醐灌顶。

(1) 结合实例,谈谈如何理解这句广告语?

(2) 作为中学生,我们可以为节约水资源和保护水资源做哪些具体的事情?



“地球一小时”宣传画之一



如果你想要更多地了解与环境问题有关的知识,请参考下列资料。

刘芃岩. 环境保护概论. 北京:化学工业出版社,2011.

第一章 绪论 第二节 环境问题

## 复活节岛的兴衰——人口与发展

因地理环境的封闭、居民起源的神秘、巨大的“毛艾”石像(下图)、岛上文明的兴衰等,太平洋中的复活节岛(属智利共和国)成为一个引人关注的神秘岛屿。近年来,考古学和古生物学的研究进展为破译复活节岛的兴衰奠定了基础。



复活节岛上神秘的“毛艾”石像

公元400年左右,有一群波利尼西亚人从波利尼西亚东部群岛驾船出海,跨越千里大洋,登上复活节岛。通过开荒种植和海上捕捞,他们的生活逐渐安定下来,人口数量有所增加。

由于岛上资源有限,人口数量的增加导致食物不足,于是公元800年左右人们开始大规模砍伐森林。为争夺有限的资源,各个部落之间爆发了冲突和战争,大量的树木被砍伐。公元1400年左右,森林逐渐被砍伐殆尽,鸟类由于缺乏食物开始减少,也逐渐灭绝。公元1700年,岛上人口数量衰减至约原来的1/5。20世纪初,岛上生存条件非常恶劣,只剩下百余位土著居民。

复活节岛上的居民曾经创造了辉煌的文明,但在人口数量的增加超越了资源环境的承载能力时,文明必将走向衰落。这段兴衰史让我们清醒地去思考人类与自然的关系、人口与社会发展的关系。



## 第二节 创造人与自然的和谐

祁连山是我国西北地区重要的生态安全屏障,是我国生物多样性保护优先区域,也是国务院批准成立的国家级自然保护区。然而,一段时间大规模无序采探矿等活动导致祁连山部分地区地表植被破坏、水土流失加剧等,对该地区的生物多样性产生了破坏性影响。那么,生物多样性有哪些价值呢?



积极思维

生物多样性有哪些直接价值?

事实:

1. 多种多样的生物为人类提供形式多样的食物、药物、纤维以及煤炭等物质时体现出来的价值(图4-2-1),以及由旅游、科学研究等带来的价值,统称为生物多样性的直接价值(direct value)。



食物



药物



纤维



煤炭

图4-2-1 生物多样性的直接价值

2. 生物多样性的直接价值中,食物、药物等的直接价值以市场价值形式表现,而旅游、科学研究等的直接价值以服务价值的形式表现。

思考:

1. **归纳** 归纳可作为食物、药物、纤维的各种生物。
2. **推理** 除上述直接价值外,生物多样性的价值还体现在哪些方面?

生物多样性是全人类共有的宝贵财富,我们日常生活的衣食住行等方面都和生物多样性的直接价值有关。此外,生物多样性还具有间接价值和潜在价值。这些价值对人类的生存和发展还有哪些影响?

## 生物多样性影响人类的生存和可持续发展

生物多样性包括生物圈内所有的植物、动物和微生物，它们所拥有的全部基因以及由这些生物与环境构成的生态系统。生物多样性包括物种多样性、遗传多样性和生态系统

多样性。生物多样性对人类和其他生物的生存和发展除了具有直接价值外，还具有间接价值（indirect value）和潜在价值（latent value）等方面。

### 生物多样性的间接价值

生物多样性对生态系统的调节功能称为生物多样性的间接价值。例如，湿地（图 4-2-2）与海洋、森林一样，都是重要的生态系统。湿地中生物多样性非常丰富，它不仅表现在能提供水源的直接价值上，还表现在能起到净化生态环境和调节气候的间接价值上。



图 4-2-2 黑龙江扎龙湿地



## 边做边学

### 调查生物多样性的间接价值

#### 实践：

1. 自由组合形成小组，以小组为单位，选择“生物多样性的间接价值”为主题进行调查。

2. 每组根据调查内容，制订合理的调查方案，进行“生物多样性的间接价值”的观察和调查，内容包括：与净化环境有关的生物

有哪些？与保持水土有关的生物有哪些？与改良土壤有关的生物有哪些？与调节气候有关的生物有哪些？……

#### 讨论：

用调查实例说明生物多样性如何影响人类的生存和可持续发展。

生物多样性的间接价值一般不能直接体现为经济效益，但从调节生态系统功能的角度看，其价值可能远高于直接价值。例如，蜜蜂的直接价值主要是产蜜和传粉，而其维持某些植物的世代繁衍、确保生态系统中物种的多样性、维持这些物种参与的生态系统平衡等间接价值都难以估量；一些植物发达的根系有利于吸收水分和无机盐，不仅对其生长发育意义重大，而且其涵养水源和防治水土流失的间接价值也难以估量。生物多样性的间接价值还体现在调节气候、物质循环和生物种间的协同进化等方面。

一位科学家独辟蹊径地对一棵大树的间接价值进行了评估，结果出乎意料。

事实:

一位科学家对一棵树的间接价值进行了推算。他认为一棵 50 年树龄的大树一生中产生的氧气具有约 31 200 美元的价值,吸收有害气体、防止大气污染具有约 62 500 美元的价值,为鸟类及其他动物提供生活和繁衍场所具有约 31 250 美元的价值,增加土壤肥力具有约 31 200 美元的价值,涵养水源具有约 37 500 美元的价值等(图 4-2-3)。花、果实和木材的直接价值没有计算在内。

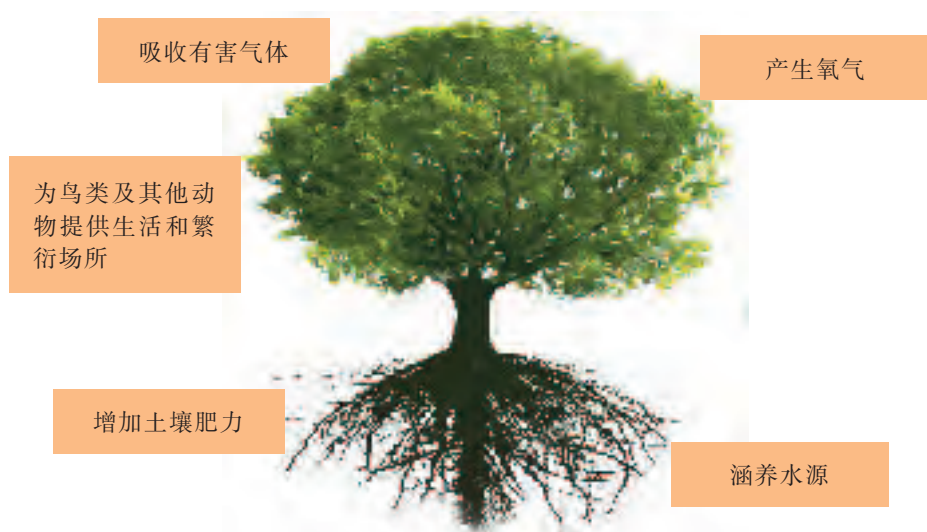


图 4-2-3 一株 50 年树龄的大树间接价值推算示意图

思考:

反思 阅读完上述资料,我们对生物多样性的间接价值与直接价值有什么新的认识?

生物多样性的潜在价值

生物多样性尚未被发现但可能存在的价值称为生物多样性的潜在价值。例如,红豆杉(图 4-2-4)是一种常绿乔木,很久以前就生活在地球上,人们一直没有意识到它还具有药用价值。直到 20 世纪,科学家才发现红豆杉树皮中的紫杉醇具有抗癌功效。1994 年,红豆杉被我国确定为国家一级保护植物。

自然界的一草一木都必须十分珍惜,有些物种现在看来似乎没有什么用途,但随着时间的推移,也许将来某一天它们却能帮助人类免于饥荒或祛除疾病等。



图 4-2-4 红豆杉



由于生物栖息地(habitat)被破坏、人类过度开发或外来物种入侵等导致的生物多样性危机已经成为全球性的生态问题,那么,我们应该如何保护生物多样性呢?



### 边做边学

### 搜集生物多样性保护的实例

#### 实践:

1. 以小组为单位,先确定小组感兴趣的主体,如我国保护生物多样性的措施、世界其他国家保护生物多样性的措施、我国保护生物多样性的法律和法规等,然后通过图书馆或互联网搜集相关的实例,注意记录文献来源。

2. 小组内交流和汇总搜集到的生物多样性保护的实例,尝试以小组为单位撰写文献综述。文献综述着重介绍与主题有关的实

例资料、进展、展望以及相应的评述。文献综述格式相对多样,但一般都要包含简要的前言、综述的典型实例、简要的总结和重要的参考文献。

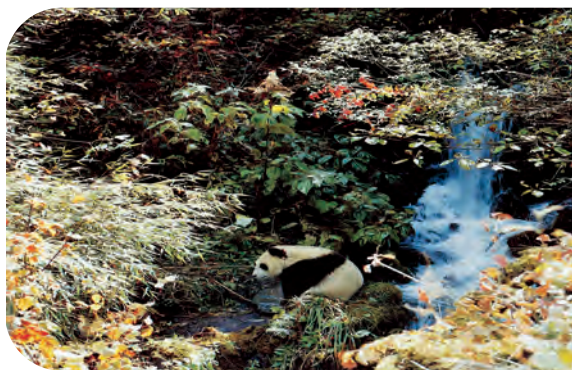
3. 在班级内交流各小组的文献综述。

#### 讨论:

从实例看,生物多样性对维持生态系统稳定以及人类生存和发展有什么重要意义?

保护生物多样性的主要措施包括就地保护、迁地保护等。

自然保护区和国家森林公园是进行就地保护的主要场所(图4-2-5)。在原地对生态系统或物种进行保护,不仅保护了濒危物种和典型的生态系统,还兼有教育、科研和旅游等功能。



卧龙国家级自然保护区中的大熊猫



云南滇金丝猴国家公园中的滇金丝猴

图4-2-5 就地保护举例

动物园、植物园、濒危物种繁育中心是迁地保护的主要场所。迁地保护主要用于保护珍稀物种。实施迁地保护需要将保护对象从原栖息地迁移到保护场所。

建立精子库、种子库也是保护生物多样性的重要措施。精子库是用液氮冷冻并储存动物精子的地方。种子库是储存植物种子的地方。精子库、种子库可保护濒危物种的基因。此外,近年来,人工授精、胚胎移植、组织培养等生物技术已被成功

地应用到大熊猫、珙桐等珍稀物种的保护中。

保护生物多样性还需要建立和健全相应的法律和法规。目前,我国已颁布了《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国野生动物保护法》《中华人民共和国森林法》《中华人民共和国渔业法》和《中华人民共和国进出境动植物检疫法》,为保护环境和野生动植物提供了法律保障(图 4-2-6)。



图 4-2-6 动物保护人员正在依法调查取证

### 保护生物多样性要求合理利用资源

生物多样性是人类宝贵的生产和生活资源。实践证明,根据生态学原理,采用系统工程的方法和技术,合理利用资源,才能保护生物多样性。

#### 资源要多层次利用

如果一个生态系统的物质和能量没有被多层次利用,那么这个生态系统的稳定和发展就会受到影响。例如,有关研究表明,玉米秸秆中 30%以上是糖类、2%~4%是蛋白质、0.5%~1%是脂肪。有些农民利用糖化过程先把秸秆变成家畜的饲料,再用家畜的排泄物和秸秆残余物栽培食用菌,生产食用菌的残余物又可用于养殖蚯蚓,最后的残余物成为农田的肥料(图 4-2-7)。

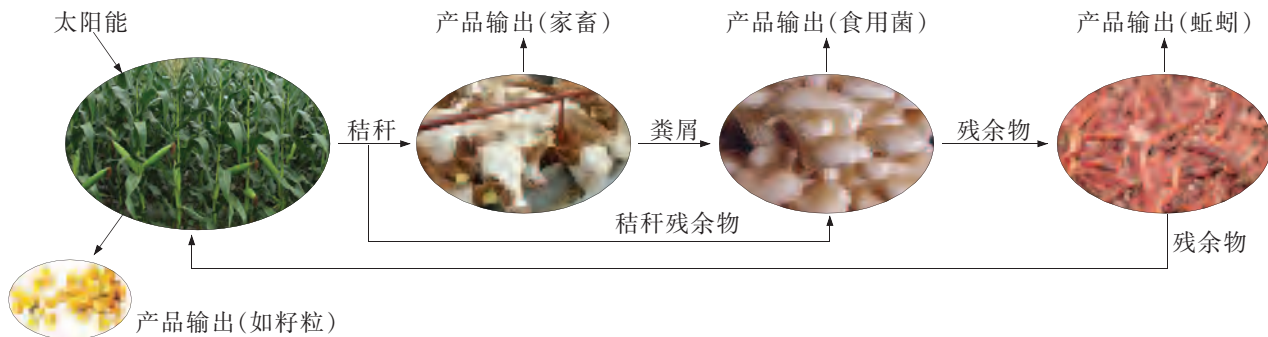


图 4-2-7 农作物秸秆的多层次利用示意图

在上述实例中,增加生态系统中的营养级数,使营养结构更为复杂,可实现对资源的多层次利用。

#### 资源要循环利用

如果在生态系统的物质循环中,每一个环节既是给予者,又是接纳者,周而复始,就可以保证生态系统中物质的供给。这类生态系统的营养结构更为复杂,可以实现对有限资源的循环利用。例如,我国南方的桑基鱼塘实现了资源的循环利用,在桑基鱼塘生态系统中,基(陆地)上种桑树,塘中混养多种鱼



国家倡导公民对生活垃圾进行分类投放。其深远意义是什么?

类,桑叶养蚕,蚕沙(蚕粪和废弃物)养鱼,鱼粪肥沃塘泥,塘泥就近肥桑,形成了桑—蚕—鱼—桑的物质循环利用系统。有些地区进一步拓展了上述桑基鱼塘,更好地循环利用了各种资源(图4-2-8)。

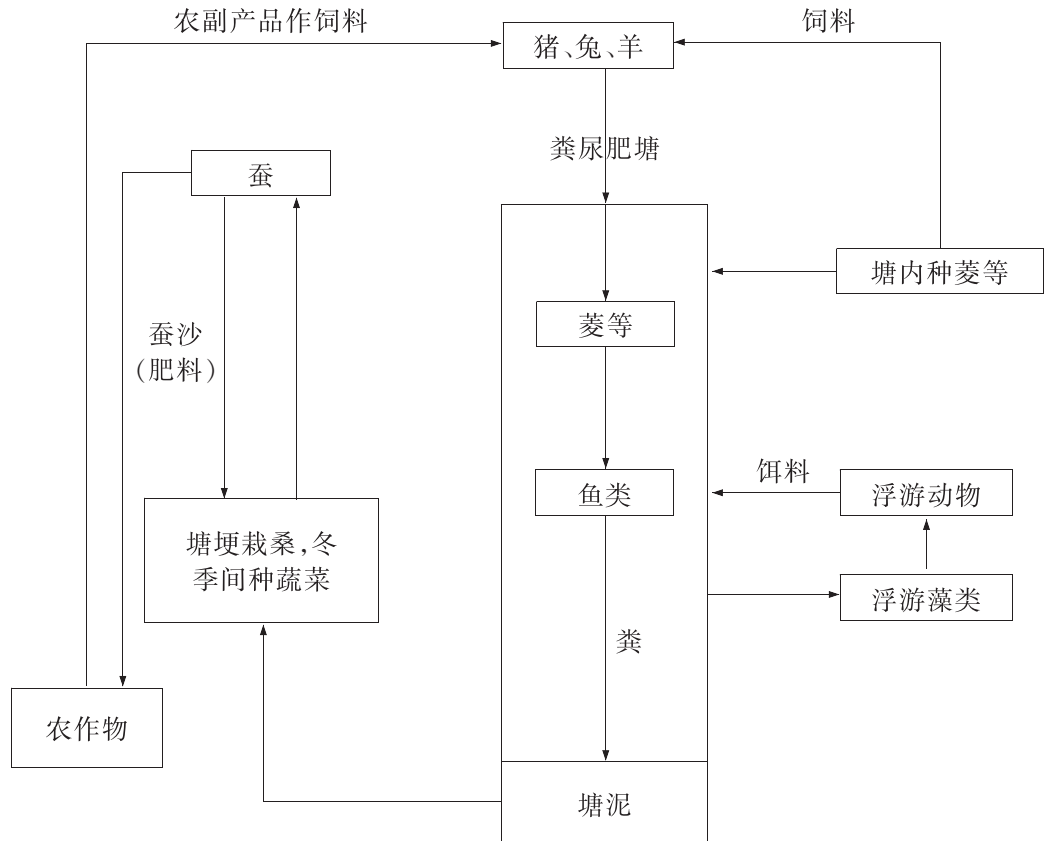


图4-2-8 某地一种资源循环利用的桑基鱼塘生态系统

### 问题与讨论

也有一些地区实施了“果基鱼塘”的方式,即深挖低洼的土地为鱼塘,推土筑基,基上种植果树。这种种植方式也改变了传统的生产方式。

联系生活经验和所见所闻,说说还有哪些重视资源循环利用的生产方式。

实际上,各个地区的农业生产工作者都创造出许多物质循环利用的生产方式。通过资源的循环利用,人类获得了最佳的经济效益。

### 人工生态系统要关注物种多样性

生态系统中的各种生物通过复杂的食物链和食物网联系起来。在一个物种多样性程度高的生态系统中,一旦某一营养级中的某种生物因故灭绝,该营养级的其他生物可迅速替代,从而维持生态系统结构和功能的稳定。所以,物种多样性程度较高的生态系统抵抗力稳定性也较高。例如,天然林物种多样性程度高,生态系统抵抗力稳定性就高;人工林树种单一,生物多样性程度相对较低,所以抵抗力稳定性较低。

**事实:**

1. 长期以来,为了改变天然林急剧减少的状况和改善日益恶化的环境,各地大规模地实施了各种植树造林运动。开始时,大多数人相信,植树造林是保护生态环境,是功在当代、惠及子孙后代的功德无量的事情。

2. 但是,慢慢地围绕人工林的是与非开始有了争论。有人认为人工林中的树木种类单一,树龄和高矮比较接近,林下缺乏天然林中层次各异的灌木或地表植物,缺乏生物多样性和涵养水土等功能(图 4-2-9)。此外,人工林土壤中的营养不断地被单一的林木所消耗,若没有及时补充营养,土壤的营养状况会越来越差。



桧树人工林中缺乏地表植物



天然林中地表植物种类丰富

图 4-2-9 人工林与天然林

3. 虽然我们从人工林里收获了木材等经济产品,但天然林中鸟语虫鸣、生机勃勃的景象有时很难在人工林中出现。更重要的是,由于人工林生物多样性程度低下,缺少天敌对害虫的控制,一旦发生虫害,极易造成林木的大面积损害。

**思考:**

1. **解释** 在荒山坡上植树造林形成的是人工林。这些人工林的价值是什么?

2. **思辨** 人工生态系统为什么要关注物种多样性?

**生态农业是合理利用资源的成功范例**

生态农业(ecological agriculture)是以环境和经济的协调发展为前提,在一定区域内,因地制宜地规划、组织和开展的现代农业生产。各地的生态农业内涵和重点并不一定相同,但其核心价值在于合理利用区域资源。

## 生态农业建设如何改变了留民营村?

### 事实:

1. 北京市大兴区留民营村位于北京市东南郊,地势较低,地下水资源比较丰富。生态农业建设前,留民营村虽然有一定规模的畜牧业生产,对沼气也进行了初步利用,但资源多层次利用和循环利用的效率很低(图4-2-10)。

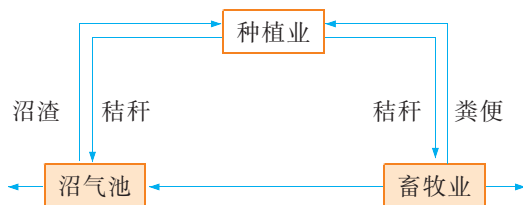


图4-2-10 生态农业建设前留民营村资源利用示意图

2. 后来,留民营村依据生态学原理,利用系统工程的方法和技术进行了升级改造,获得了显著的经济、生态和社会效益。留民营村从过去比较单一的种植业和畜牧业进入到现在的农、林、牧、副、渔全面发展阶段。在农业种植区,在保证粮食生产的前提下还发展了标准化蔬菜大棚、果园;在畜牧区中,蛋鸡饲养量、年出栏商品猪数量、奶牛饲养量和养鱼面积都有所增加。为充分利用现有资源,留民营村生产结构开始向立体化方向发展:村里先后办起了烤鸭厂、酸奶厂、饲料厂、面粉厂和食品加工厂,经济效益得到进一步提升(图4-2-11)。

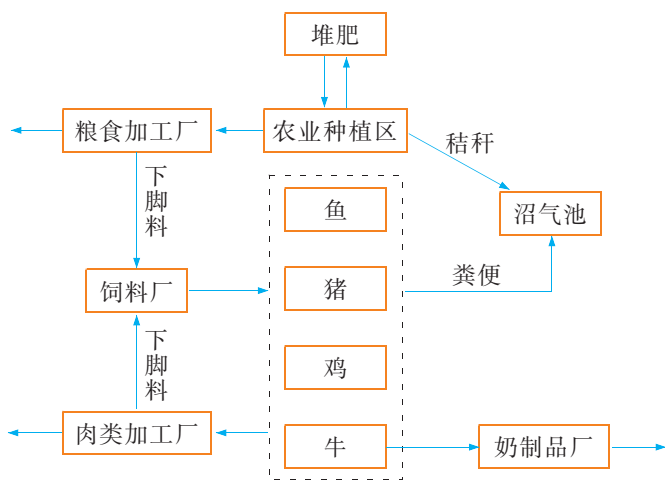


图4-2-11 留民营村生态农业系统示意图

此外,留民营村还对太阳能和有机废弃物进行了综合利用,使环境得到明显的改善,促进了农业的良性循环。1986年,留民营村被联合国环境规划署评为“中国生态农业第一村”。

思考:

### 思考:

1. 解释 在留民营村生态农业系统中,资源是如何被多层次利用和循环利用的?

2. 分析 为什么说生态农业能使一定区域内的人和自然环境共同受益?

3. 创新 根据生态学原理,针对留民营村生态农业建设,提出一些进一步发展的建议。

## 保护环境需要从我做起

作为地球上的一个居民,应从自身做起,坚持低碳生活。低碳生活需要在生活中尽量采用低能耗、低排放的生活方式。低碳生活既是一种现代文明的生活方式,更是我们实现可持续发展的环保责任。保护环境需要从我做起。



### 积极思维

### 低碳生活如何从身边小事做起?

#### 事实:

某校高二年级的学生设计了一张“市民践行低碳生活方式的意愿”的调查表,表4-2-1是他们5个班级对5个社区的居民随机调查所得数据的处理结果(调查人数为1000名)。

表4-2-1 市民践行低碳生活方式的意愿调查表

低碳生活方式	愿意(%)	不愿意(%)
1. 日常生活中节电、节油、节水、节气等	78.3	21.7
2. 不用一次性餐具,公共交通出行,无纸化办公等	67.7	32.3
3. 家庭装修只用环保材料	58.7	41.3
4. 减少燃放烟花爆竹,拒绝过度包装的礼品,不吃野生动物	55.7	44.3
5. 植树造林,降低空气中的碳含量	55.0	45.0
6. 购物自带环保袋,出门选择最优乘车路线,衣物多选择“低碳装”	51.0	49.0
7. 对生活垃圾进行分类投放	44.3	55.7

#### 思考:

1. **推理** 从以上调查项目和结果看,市民践行低碳生活方式的意愿对可持续发展可能会产生什么影响?

2. **分析** 影响市民践行低碳生活方式意愿的因素有哪些?我们应该从哪些身边小事做起,践行低碳生活方式?

每个人都应该践行低碳生活方式,保护环境。例如,出门购物,自己带环保袋,减少使用塑料袋;尽量避免使用一次性的筷子、饭盒等餐具;养成随手关闭电器电源的习惯,避免浪费电力资源;用节能灯替换白炽灯;在使用电脑时,尽量调低亮度;外出尽量步行,或乘坐公共交通工具,少用私家车。

除了低碳生活外,保护环境还有许多可以从我做起的事情。我们相信,通过大家的努力,一定可以让“荒山秃岭”“漫天雾霾”“黑色河道”等成为过去,让“青山翠岭”“湛蓝天空”“清澈江河”等再现人间。



保护环境,你还可以从哪些身边的小事做起?

## 本节练习

### 一、思辨题

1. 下列有关生物多样性的叙述中,常有争议、不能肯定的观点是 ( )

- A. 生物多样性是人类赖以生存、发展的基础
- B. 生物多样性是生物进化的结果
- C. 生物多样性具有直接价值、间接价值和潜在价值
- D. 引入外来物种能增加当地的生物多样性

2. 过去常发生农民在田间燃烧秸秆的事件,现在我国提倡秸秆的综合利用。如何从资源多层次利用的角度阐述其意义?

### 二、应用题

1. 刊登在 2006 年《科学》杂志上的《人类和鱼还能亲密接触多久》科学报告指出,海洋生态系统多样性——海洋鱼类、贝类、鸟类、藻类等种类急剧萎缩,导致鱼类和其他海洋生物种群的捕捞量大量减少。有人预测,在不久的将来,蛤蜊、黄鱼等海产品可能会仅存于人们的记忆中。



《科学》杂志配图

(1) 《科学》杂志为何要刊登这幅图片?

(2) 我们认同不久的将来人类将吃不到海产品的观点吗? 为什么?

(3) 有数据显示,我国海洋生态系统中,处于亚健康和不健康状态的海洋生态系统占比较大。查阅资料,并结合地理学所学知识,分析导致我国海洋生态系统多样性下降的主要原因是什么。

2. 有人提出“低碳是生活方式,更是生活态度”。我们同意这个观点吗? 为什么? 举例说明改变我们的生活方式对人类的可持续发展会起到什么作用。

## 走近专业



环境工程专业的学生在讨论某环境工程方案

### 环境工程

环境工程是 21 世纪重点发展的高新科技领域之一。环境工程专业培养具有扎实的环境工程理论知识、专业技术和工程设计能力的学生。环境工程专业课程主要包括普通化学、工程力学、测量学、工程制图、环境微生物学、环境监测、环境工程等。环境工程专业的学生还要接受污染物监测和分析、工程设计等方面的基本训练。

学生毕业后可从事环境科学技术及工程领域的科学研究、工程设计和规划,以及具体的环境工程建设和维护方面的工作。



如果你想要更多地了解本专业的相关情况,请访问我国关于专业介绍的网站。

## 我国的三类自然保护区

1956年我国建立了第一个自然保护区——鼎湖山国家级自然保护区,主要保护南亚热带地域森林植被。此后,各类自然保护区相继建立。我国的自然保护区主要分为生态系统类、野生生物类和自然遗迹类等三类(下图)。

生态系统类自然保护区主要保护的是典型地带的生态系统。例如,位于吉林的长白山国家级自然保护区,保护对象是珍贵的红松阔叶林带和独特的植被自然垂直分布景观。

野生生物类自然保护区主要保护的是珍稀的野生动植物。例如,四川卧龙国家级自然保护区,保护对象主要为大熊猫。

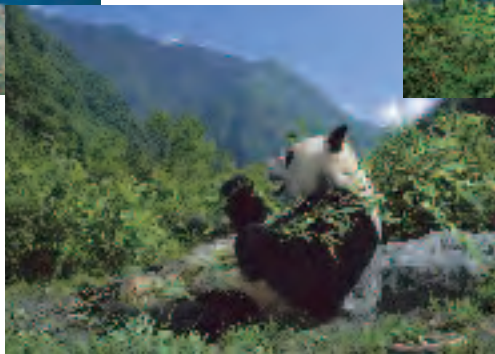
自然遗迹类自然保护区主要保护的是有科研、教育或旅游价值的化石、火山口、岩溶地貌、地质剖面等。例如,位于湖南的张家界国家森林公园,保护对象是砂岩峰林地貌。



长白山国家级自然保护区



张家界国家森林公园



卧龙国家级自然保护区





## 本章小结

### 概念回顾

●人类活动对生态系统的动态平衡有着深远的影响。环境保护已成为全人类共同关心的问题,人类活动对环境会产生重大影响。人类活动对生物圈的影响举例如下表所示。

人类活动对生物圈的影响举例

人类活动	对全球性生物圈稳态造成的威胁
排放大量温室气体	温室效应增加,全球变暖
水和土地资源消耗增加	资源短缺,全球性资源危机
臭氧层臭氧浓度降低	对地球生物造成灾难
大量使用化石燃料	酸雨频发,破坏水体生态平衡
荒漠化加剧	土地退化,土壤生产力下降或丧失
污染物的排放	对生物造成威胁,影响人类生活

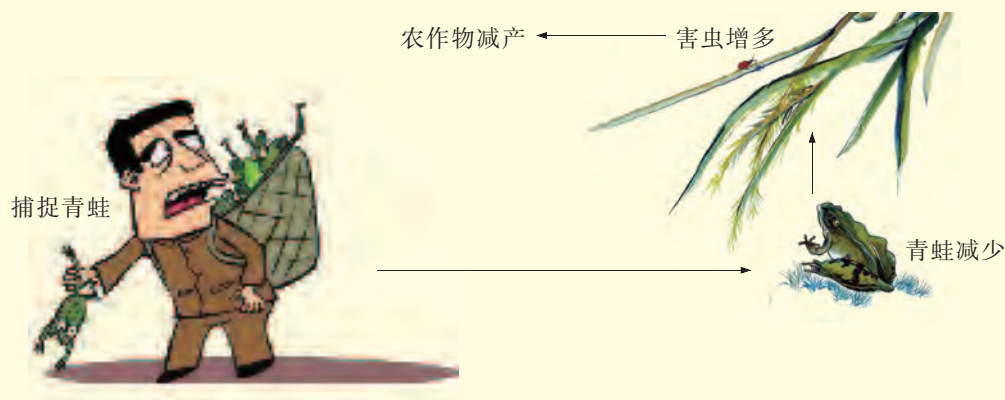
●依据生态学原理保护环境是人类生存和可持续发展必要条件。生物多样性对维持生态系统的稳定性以及人类生存和发展具有重要意义,而全球气候变化、资源匮乏、臭氧层破坏、酸雨频发、荒漠化加剧和环境污染等全球性环境问题正对生物圈的稳态造成威胁,它们也对人类的生存和可持续发展造成影响。

### 素养提升

- 基于当地环境中存在的问题与人类活动的关系,能提出保护环境的建议或行动计划。
- 通过“搜集生物多样性保护的实例”的活动,了解当地生态系统的状况及其影响,生物多样性对维持生态系统的稳定性有重要意义,并结合真实问题提出人与环境和谐共处的合理化建议。
- 基于生态农业建设成果等事实,认识到可以通过资源多层次和循环利用,使特定区域中的人和自然环境均能受益。
- 基于生物与环境相互影响的事实和系统分析的思想和方法,认同人与自然和谐共处的观念,形成“保护环境需要从我做起”的生态意识,切实践行绿色低碳的生活方式。

## 本章练习

1. 青蛙善于捕食多种农作物害虫。据统计,一只青蛙一天捕食的害虫数约百只。依此推算,一只青蛙一年可以捕食 18 000 只害虫。所以,捕捉青蛙会导致农作物减产。



青蛙与农作物减产关系示意图

(1) 根据图示,描述青蛙与农作物增产或减产的关系。从中我们能认识到人类的活動会对生态环境产生哪些影响?

(2) 据统计,如果  $0.067 \text{ hm}^2$  农田里有 400 只青蛙,这块农田即使不喷洒农药也能保证作物产量。这对我们保护环境有什么启示?

(3) 今后,如果发现有人贩卖或捕捉青蛙,我们应该如何处理?

2. 基于人与自然和谐相处以及可持续发展的观念,尝试提出一个公民应该遵守的保护环境、维护生态平衡的行为准则。

3. 选择一个社区进行“人与环境应该如何和谐相处”的调查。首先,针对主要问题设计调查表;接着,随机取样进行调查;最后,分析数据,得出结论。针对存在的问题,提出人与环境和谐相处的合理化建议,并举办一次宣传活动。



如果想要更多地了解与本章有关的内容,请访问:  
生态学、环境化学、环境生态等相关网站。

# 中英文名词对照及索引

- B
- 标志重捕法(mark-recapture method)6  
捕食(predation)27
- C
- 出生率(natality)9  
垂直结构(vertical structure)37  
初生演替(primary succession)54  
次生演替(secondary succession)55
- D
- 抵抗力稳定性(resistance stability)100
- F
- 分解者(decomposer)64
- H
- 环境容纳量(carrying capacity)11  
互利共生(mutualism)29  
荒漠(desert)45  
化学信息(chemical information)93  
恢复力稳定性(resilience stability)100  
荒漠化(desertification)115  
环境污染(environmental pollution)116
- J
- 竞争(competition)27  
寄生(parasitism)28  
季相(aspection)39  
间接价值(indirect value)120
- L
- 陆地生态系统(terrestrial ecosystem)66
- N
- 能量流动(energy flow)77  
能量金字塔(energy pyramid)80
- P
- 偏利共生(commensalism)29
- Q
- 迁入(immigration)9  
迁出(emigration)9  
群落(community)37  
潜在价值(latent value)120  
栖息地(habitat)122
- R
- 人工生态系统(artificial ecosystem)66  
人口(population)111
- S
- 死亡率(mortality)9  
数学模型(mathematical model)10  
生态因子(ecological factor)18  
生物防治(biocontrol)30  
水平结构(horizontal structure)37  
生态位(ecological niche)38  
湿地(wetland)63  
生态系统(ecosystem)63  
生产者(producer)64  
水域生态系统(aquatic ecosystem)66  
生物圈(biosphere)68  
食物链(food chain)69  
食物网(food web)71  
生态金字塔(ecological pyramid)79  
数量金字塔(pyramid of number)79  
生物量金字塔(biomass pyramid)79  
水循环(water cycle)84  
生物地球化学循环(biogeochemical cycle)85  
生物圈 II 号(Biosphere II)99  
生态系统的稳定性(ecosystem stability)100  
生物多样性(biodiversity)105  
水资源(water resource)114

酸雨(acid rain)115  
生态农业(ecological agriculture)125

T

苔原(tundra)45  
碳循环(carbon cycle)85  
土地资源(land resource)114

W

物种丰富度(species richness)46  
物理信息(physical information)93  
外来物种(alien species)104  
温室效应(greenhouse effect)113

X

性别比例(sex ratio)9  
限制因子(limiting factor)18  
消费者(consumer)64

信息(information)93  
行为信息(behavior information)93  
信息素(pheromone)93

Y

样方法(quadrat method)6  
演替(succession)54  
营养级(trophic level)69  
营养信息(nutrition information)93

Z

种群(population)6  
种群密度(population density)6  
种间关系(interspecific relationship)27  
自然生态系统(natural ecosystem)66  
直接价值(direct value)119

## 后 记

自 2004 年在全国实验区实验以来,全国广大教师、学生和教研人员以及专家、学者在广泛实践的基础上,对本套教科书的实验本提出了许多建设性的意见,这对进一步完善教科书的质量起到了积极的作用。这次在根据教育部颁发的《普通高中课程方案》《普通高中生物学课程标准(2017 年版)》修订本套教科书的过程中,编写组又在许多实验学校召开座谈会,广泛听取生物学教师的意见,也进一步获得了学科专家、教育专家、心理学家的指导和帮助,使得本套教科书在原有基础上,更加反映课程标准,更加贴近学生生活,更加关注学生的学习过程,有利于培养学生多样化的学习方式,促进每一个学生的核心素养全面提升。

本套教科书共 5 册,其中必修 2 册,选择性必修 3 册。必修包括“分子与细胞”“遗传与进化”,选择性必修包括“稳态与调节”“生物与环境”“生物技术与工程”。学生在修完必修模块的基础上,进行选择必修的学习。每模块(册)教学用 36 学时,计 2 学分。

本套教科书由汪忠担任主编,陈建秀、许晓凤担任副主编,李朝晖、刘满希担任本册教科书主编,王小平、王苏豫、王波、刘森、刘满希、李朝晖、吴国荣、吴举宏、汪忠等(按姓氏笔画排序)参加本册教科书的编写。

在编写本册教科书的过程中,我们也得到了广大高中生物学教师和教研部门的大力支持和帮助(包括试读、试教和预做部分实验等),这为教科书的质量提升奠定了基础。在此向他们致以诚挚的谢意!

本册教科书出版之前,我们通过多种渠道与教科书选用作品(包括照片、画作)的作者进行了联系,得到了他们的大力支持。对此,我们表示衷心的感谢!但仍有部分作者未能取得联系,恳请入选作品的作者与我们联系,以便支付稿酬。

由于时间仓促,书中难免有错漏之处,恳请广大教师、学生和教研人员以及专家、学者提出宝贵意见。



绿色印刷产品

审批号:苏费核(2021年)0380号

举报电话:12315

ISBN 978-7-5499-9383-3



9 787549 993833 >

定价:10.57元