

# 37 生态系统及其功能

---

王强

July 17, 2022

南京大学生命科学学院

# Outline

37.1 生态系统的基本结构

37.2 生态系统中的生物生产力

37.3 生态系统中能量流动和物质循环

37.4 人类活动对生物圈的影响



Figure 1. 一个生态系统的例子

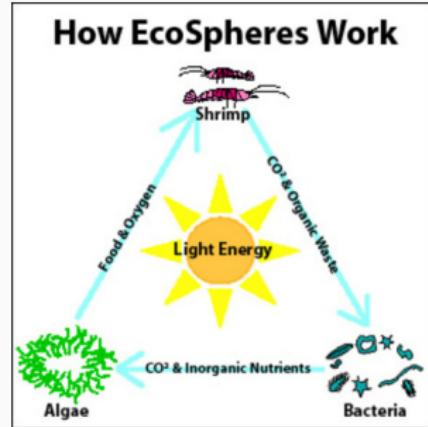


Figure 2. 另一个生态系统的例子

**生态系统** 一定空间内, 生物成分与非生物成分通过物质循环和能量流动(信息传递)而互相作用, 互相依存构成的生态学功能单位.

## ■ 生态系统的基本组成

- ▶ 非生物环境
- ▶ 生产者
- ▶ 消费者
- ▶ 分解者

## 37.1 生态系统的基本结构

---

### 37.1.1 食物链相互交叉形成食物网

**食物链** 生产者所固定的能量通过一系列的取食和被取食的关系在生态系统中传递, 生物之间的这种单向的营养关系称为食物链.

- 捕食食物链: 以活的生物为起点的食物链 (水生)
- 腐食食物链: 以死亡的动植物或腐败有机物为起点 (陆地)

**食物网** 食物链的每一个环节都与周围的很多生物有着错综复杂的普遍联系.

- 食物网越复杂, 生态系统越稳定

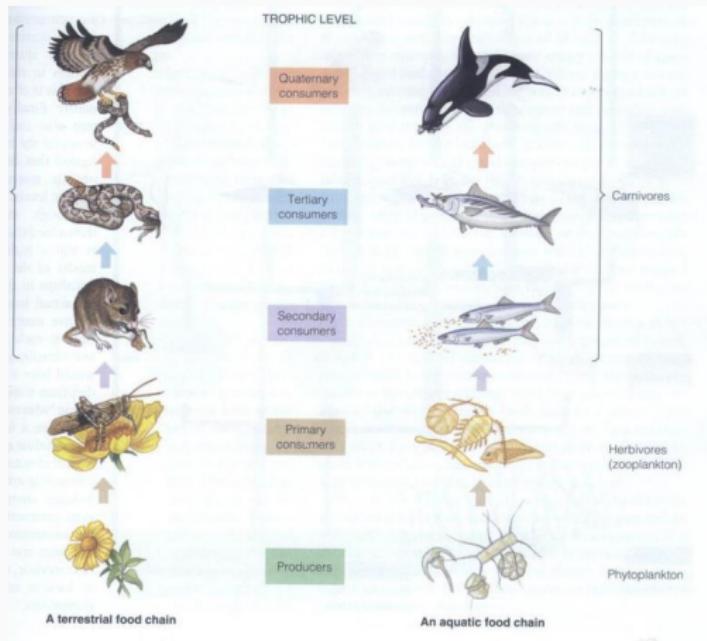
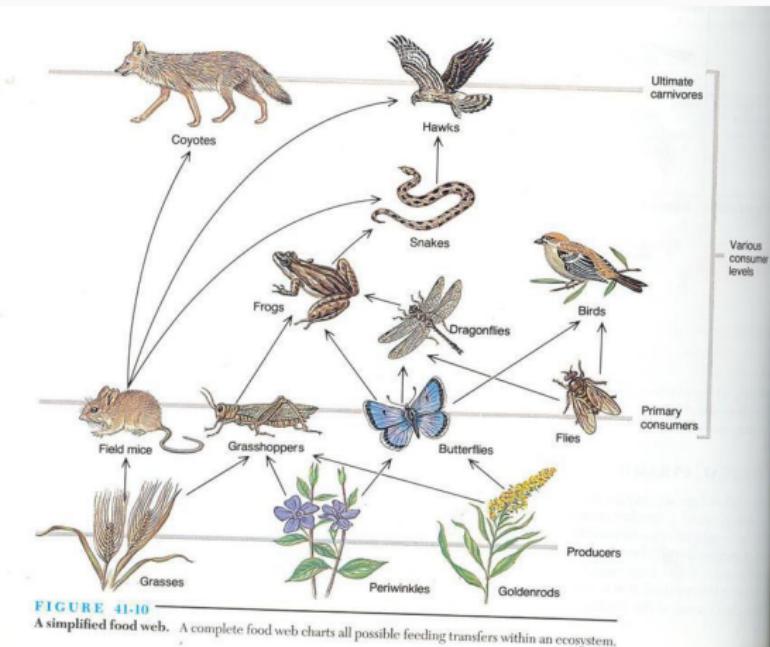


Figure 3. 食物链



Figure 4. 不太常见的取食关系



**FIGURE 41-10**

A simplified food web. A complete food web charts all possible feeding transfers within an ecosystem.

Figure 5. 食物网

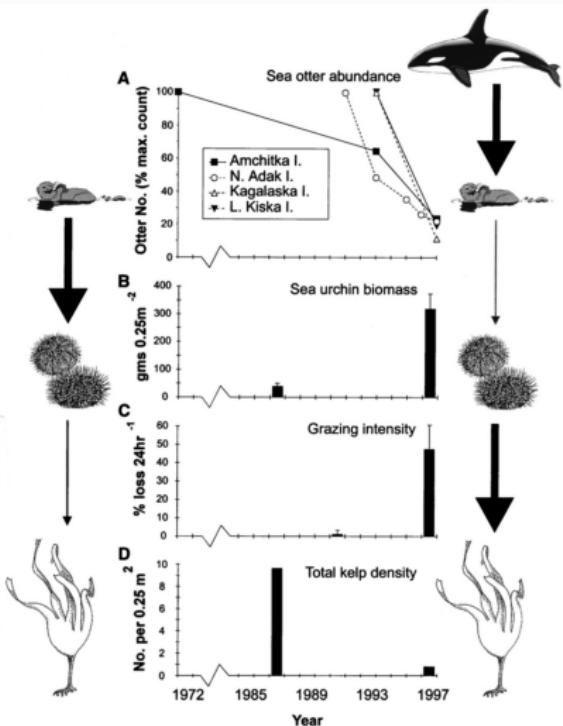


Figure 6. 脆弱食物网的例子<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estes, J. A. et al. Killer Whale Predation on Sea Otters Linking Oceanic and Nearshore Ecosystems. *Science* 282, 473–476 (1998)

## 37.1.2 营养级和生态金字塔

**营养级** 处于食物链某一环节上的全部生物种的总和.

- 营养级越高, 归属于这个营养级的生物种类和数量越少

**生态金字塔** 指各营养级之间的某种数量关系.

- 单位: 个体数量单位, 生物量单位, 能量单位
- 生物量 (Biomass)

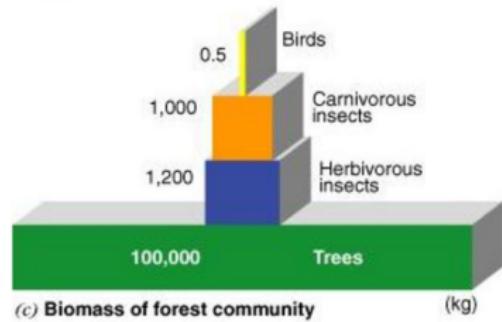
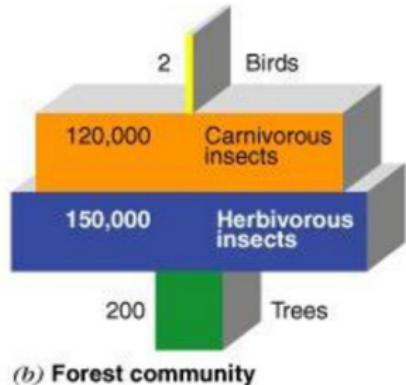
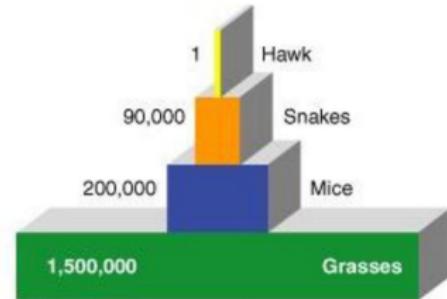
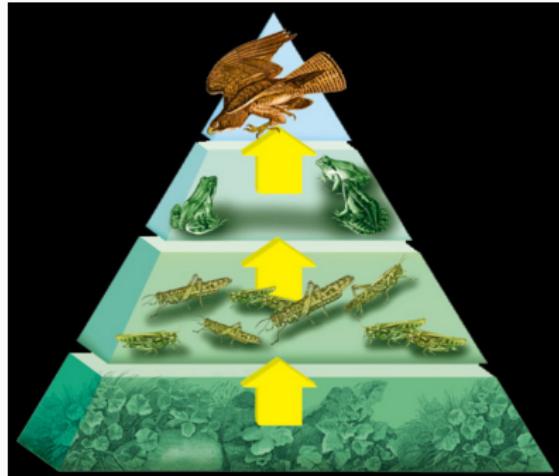


Figure 7. 生态金字塔

### 37.1.3 生物圈是地球上最大的生态系统

**生物圈** 指地球有生物存在的部分, 是地球表面不连续的一个薄层.

- 分布: 高, 10000m; 深, 海底深火山.
- 生物圈与人类
  - ▶ 陆地生物圈: 占地球表面不足 1/4
  - ▶ 意义: 人类的生命维持系统, 生产氧气, 制造食物, 处理废物和维持其他所有生物的生存
  - ▶ 生物圈的稳定性与生态系统的稳定性: 自我调节

## 37.2 生态系统中的生物生产力

---

### 37.2.1 初级生产量是生态系统的基石

**初级生产量** 指绿色植物借助光合作用所制造的有机物质.  
单位时间/面积.

$$GP \text{ (总初级)} = NP \text{ (净初级)} + R \text{ (呼吸作用)}$$

**生物量** 用于植物生长和繁殖的NP的积累.

- $GP - R > 0$ , 生物量增加
- $GP - R < 0$ , 生物量减少
- $GP - R = 0$ , 生物量不变



## ■ 光合作用



## ■ 细胞呼吸



- 全球初级生产量的分布
  - ▶ 陆地比水域(海洋)的初级生产量大;
  - ▶ 陆地初级生产量随纬度增加而逐渐降低
- 初级生产的生产效率: 植物的生产量占总入射光能的比例.
  - ▶ 自然条件下, 总初级生产效率很难超过 3%

## 37.2.2 次级生产量是消费者生产的有机物质

**次级生产量** 指动物靠吃植物, 吃其他动物和吃一切现成有机物质而生产出来的有机物.

- 次级生产者: 异养生物, 消费者, 分解者

次级生产量的全球分布特点

- 次级生产量比初级生产量要少得多
- 海洋次级生产量要比陆地高: 取食效率极高

## 37.3 生态系统中能量流动和物质循环

---

### 37.3.1 能量在流动过程中的传递效率很低

生态系统(营养级)层次的能流分析:

- 能量流动是单方向,且不可逆
- 能量在流动过程急剧减少: 资源利用率低, 呼吸损耗大
- 林德曼效率(能量转换效率): 十分之一定律

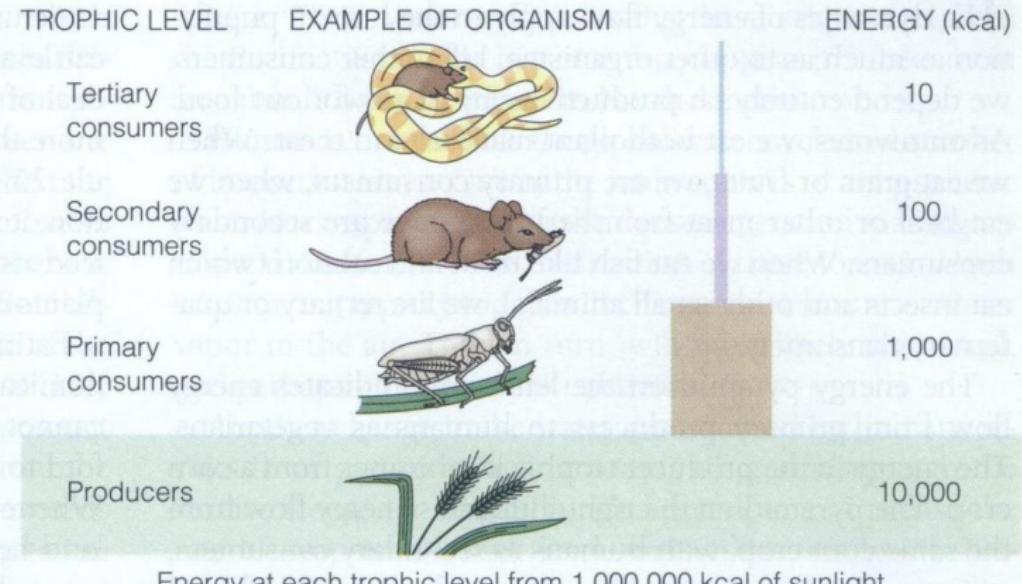


Figure 8. 生态系统中能量流动

### 37.3.2 物质循环可分为3种不同类型

#### 生物质循环的3种基本类型

- 水循环: 其他物质循环的基础
- 气体型循环: 全球性循环
  - ▶ 储存库: 大气圈, 海洋
- 沉积型循环: 全球性特征不明显
  - ▶ 储存库: 土壤, 沉积层, 岩石圈
  - ▶ 过程: 岩石风化, 沉积物的分解
- 人类活动与物质循环过程

### 37.3.3 水循环

- 水循环作用: 是营养物质循环的重要介质.
- 主要途径: 地表 – 蒸发 – 大气圈 – 降水 – 地表
  - ▶ 生物的作用: 植物的蒸腾作用, 影响很小
  - ▶ 其他途径: 地表径流 (陆地 → 海洋)
- 水循环与人类生活:
  - ▶ 过度利用地下水 (地面下沉)
  - ▶ 水资源的分布与利用

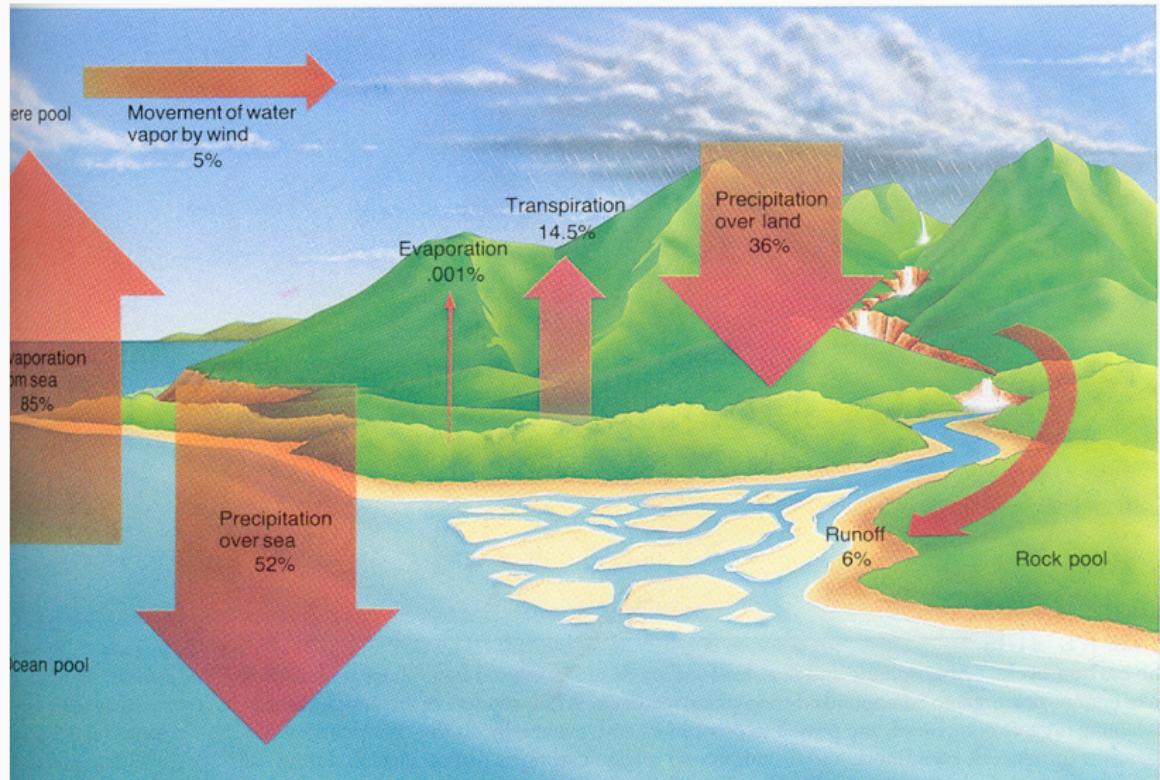


Figure 9. 水循环

### 37.3.4 碳循环

- 碳循环的主要形式: 二氧化碳.
  - ▶ (生物学积极作用) 两个碳库: 水圈 (海洋), 大气圈
- 碳循环基本路线: 大气圈 – 动植物 – 分解者 – 大气圈
  - ▶ 光合作用 (固定); 呼吸作用, 分解作用
  - ▶ 非生物的燃烧过程使二氧化碳含量增加
- 碳循环的自我调节控制:
  - ▶ 水圈和大气圈通过扩散作用相互交换, 调整恢复
- 碳循环与人类生活: 温室效应.

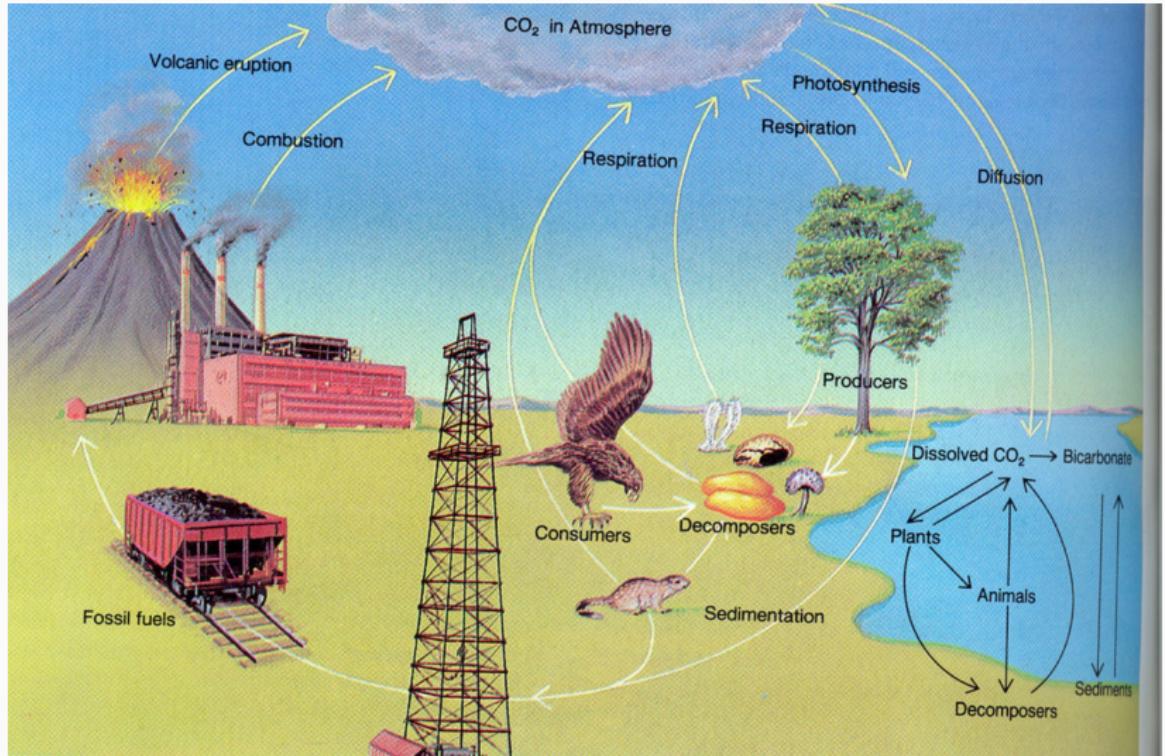


Figure 10. 碳循环

### 37.3.5 氮循环

- 氮循环基本路线: 大气圈 – 动植物 – 分解者 – 大气圈
- 氮循环基本过程: 最为复杂.
  - ▶ 固氮: 物理化学固氮和生物固氮 (氮气 → 氨)
  - ▶ 硝化作用: 氨 → 硝酸盐
  - ▶ 反硝化作用: 硝酸盐 → 氮气
- 氮循环的平衡控制: 硝化作用和反硝化作用.
  - ▶ 存在问题: 工业固氮量的日益增长
- 氮循环与人类生活: 大气污染等.

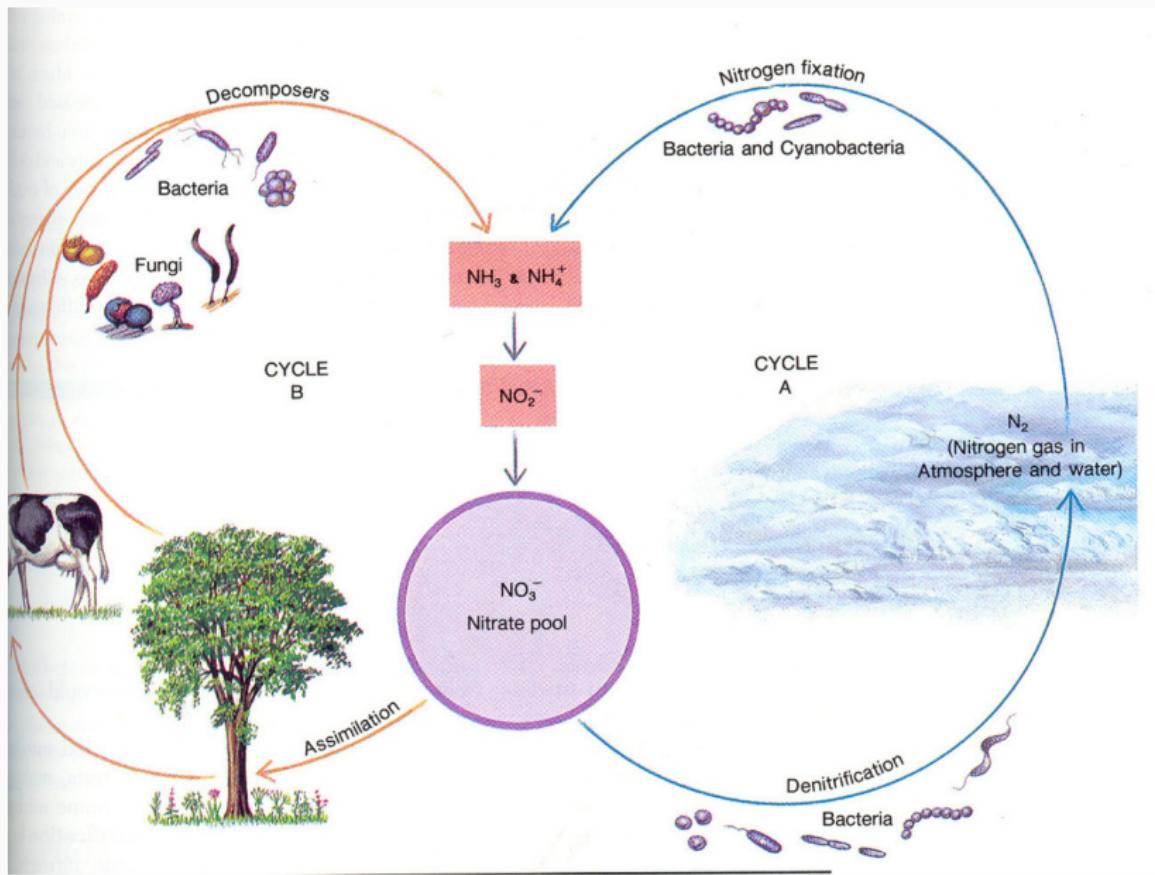


Figure 11. 氮循环

## 37.4 人类活动对生物圈的影响

---

## 37.4.1 大量排放二氧化碳导致全球变暖

- 近100年来大气二氧化碳浓度变化: 0.028–0.035%.
- 温室效应原理:
  - ▶ 对来自太阳的短波辐射高度通透; 平流层变冷 (高)
  - ▶ 对来自地球的长波辐射高度吸收; 对流层变暖 (低)
- 全球气候变暖的危害:
  - ▶ 海平面上升; 大气环流变化等.
- 保护措施: 京都议定书.

### 37.4.2 臭氧减少是潜在的全球性灾难

- 臭氧的保护作用: 吸收紫外线, X射线,  $\gamma$ 射线等.
- 臭氧层的破坏: 氟利昂.
- 臭氧层减少的危害: 皮肤癌患者增多.
- 保护措施: 蒙特利尔议定书.

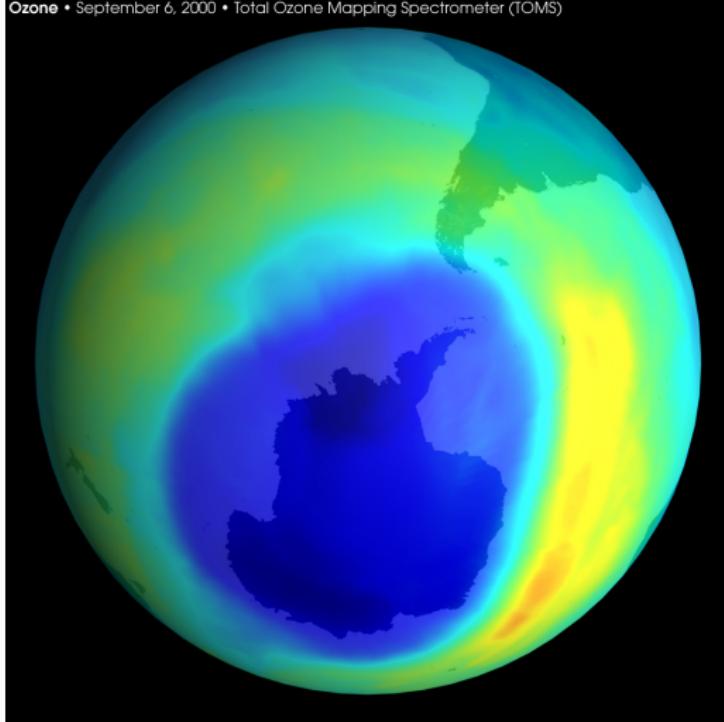


Figure 12. 臭氧层空洞

### 37.4.3 全球各地普降酸雨

#### ■ 酸雨的形成:

- ▶ 煤, 石油, 天然气燃烧后的 $\text{SO}_2$ 和NO与大气中水结合形成的产物(硫酸, 硝酸), 雨水pH下降

#### ■ 酸雨的危害:

- ▶ 破坏水体平衡; 破坏土壤; 伤害动植物

#### ■ 防治措施:

- ▶ 限制 $\text{SO}_2$ 和NO排放



Figure 13. 酸雨

### 37.4.4 江河湖海受到普遍污染

- 水体污染物: 8类
- 水体污染的危害
  - ▶ 水质变差
  - ▶ 水体富营养化
- 保护措施: 严格控制污染源



Figure 14. 水俣病



Figure 15. 赤潮

## 37.4.5 物种灭绝速度加快和生物多样性下降

- 人类活动对生物多样性的破坏
- 生物多样性的丰富内涵:
  - ▶ 生态系统多样性: 生物群落, 生境和生态过程多样性
  - ▶ 物种多样性: 生物有机体的多样化
  - ▶ 遗传多样性: 生物个体遗传信息总和
- 保护生物多样性的意义
  - ▶ 野生生物的遗传资源的保护
  - ▶ 野生生物的美学价值

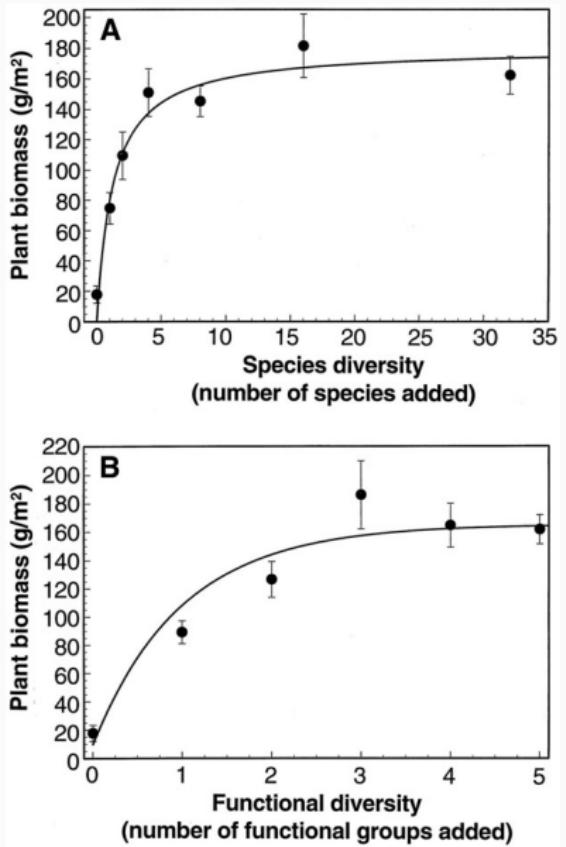


Figure 16. 多样性经典研究之一<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Tilman, D. et al. The Influence of Functional Diversity and

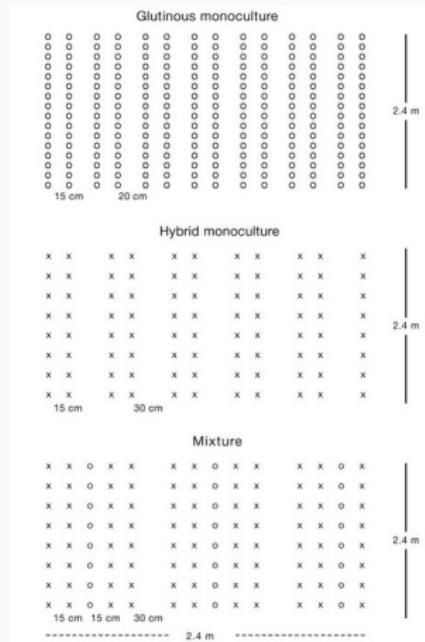


Figure 17. 多样性经典研究之二<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Zhu, Y. et al. Genetic Diversity and Disease Control in Rice. *Nature* **406**, 718–722 (2000)