

现代生物学导论

XIII 生物与环境

闫永彬

Yong-Bin YAN, Ph.D.

清华大学 生命科学学院



THU-SLS

YAN

生命世界从微观到宏观的组织层次

细胞 → 组织 → 器官 →
个体 → 种群 → 群落 → 生态系统 → 生物圈

生态学 (Ecology) :

研究生物与环境相互依赖、制约和
协调关系的科学。

1869年, 德国进化论者海克尔创立

1950s后, 数学的引入发展成定量科学



14.1 生态系统概述

14.1.1 概念

✦生态系统 (ecosystem)

生物群落与其生存环境之间, 以及生物种群相互之间密切联系、相互作用, 通过物质交换、能量转换和信息传递, 成为占据一定空间、具有一定结构、执行一定功能的动态平衡整体, 称为生态系统。



14.1.2 生态系统的基本组分

◇ 生物组分——生物群落 (biotic community)

在一定地理区域内，生活在同一环境下的各种动物、植物和微生物等的种群，彼此相互作用，组成具有独特成分、结构和功能的不同种群集合体。

自然群落有着漫长的发展历程

森林群落中一英亩中大约有400多个物种，40000000个个体种群之间有着错综复杂的关系，群落具有自我调节能力
每一种生物都不是孤立的，一个物种的变化会影响整个群落



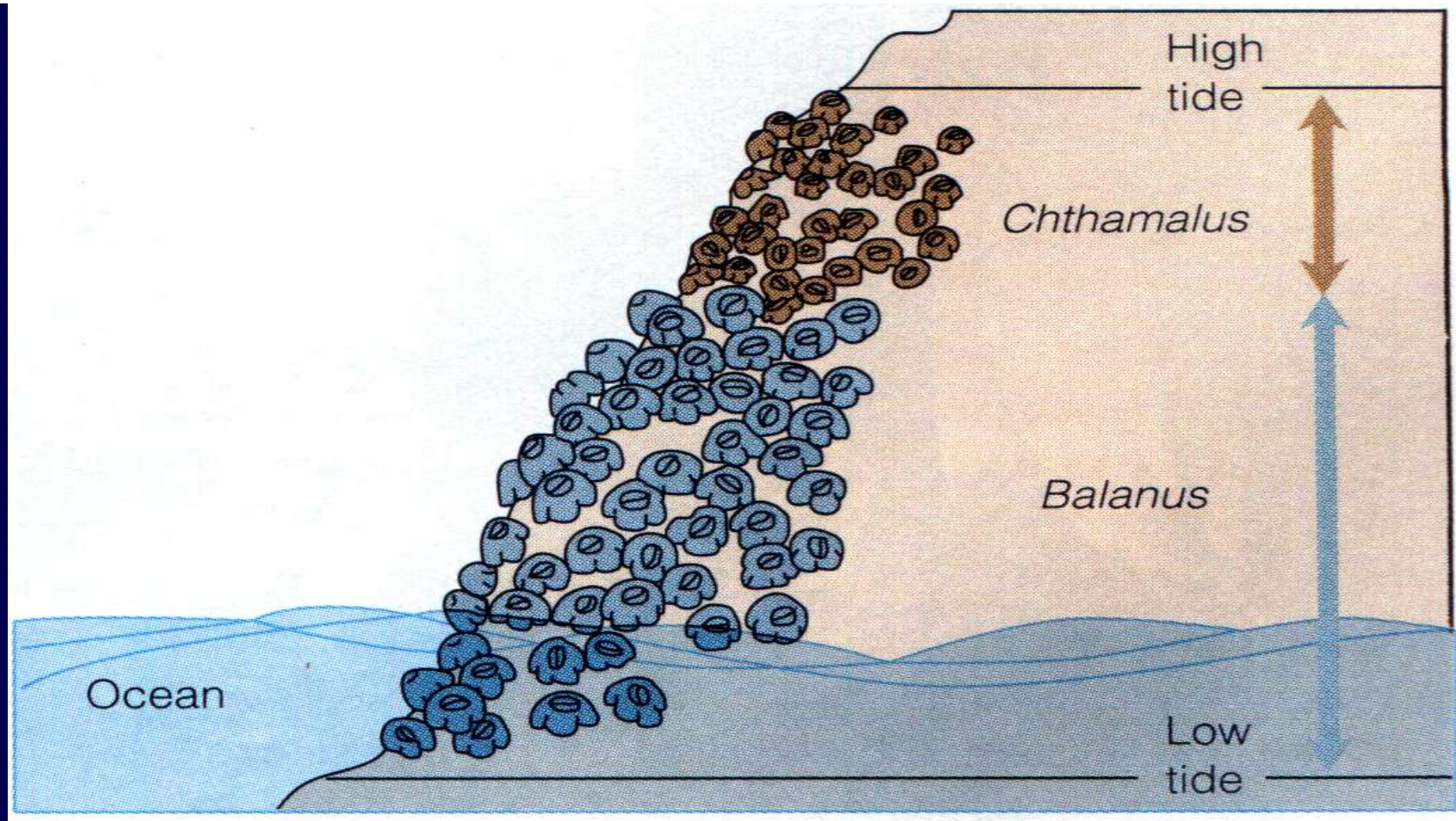
◆群落中物种的多样性和优势种

◆群落结构：垂直分布、水平分布、时间分布

◆生态位 (ecological niche)

生物种群在群落中的生活方式和它们在时间和空间上所占有的地位。





两种藤壶分处海岸不同高度

美国佛罗里达州北部的蚊子
泄湖（Mosquito Lagoon）的
小岛

Science
2014-10



THU-SLS

YAN

美丽的绿安乐蜥，最喜爱的
栖息地是低矮而又粗糙的树
干

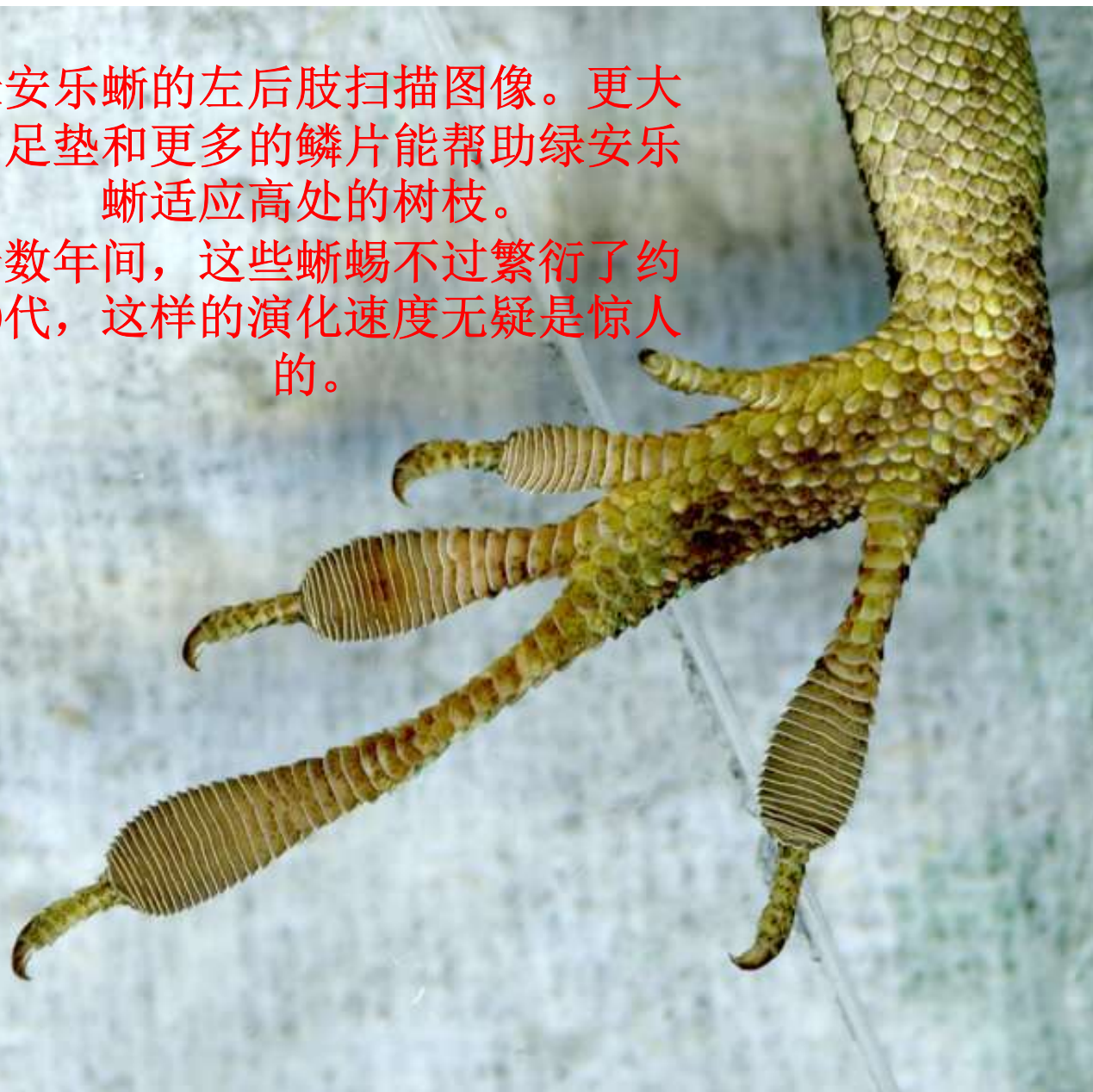


1995年“入侵”的棕安乐蜥



绿安乐蜥的左后肢扫描图像。更大的足垫和更多的鳞片能帮助绿安乐蜥适应高处的树枝。

十数年间，这些蜥蜴不过繁衍了约20代，这样的演化速度无疑是惊人的。

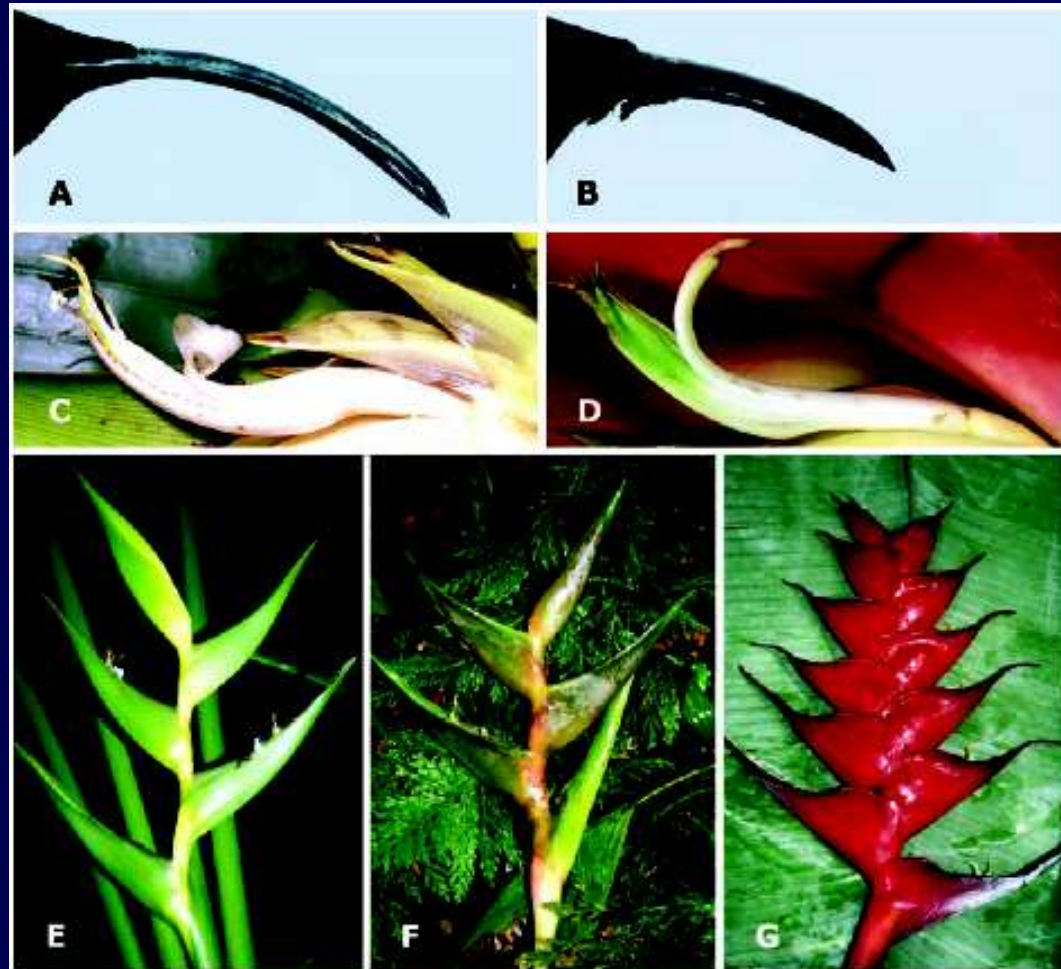


➤ 生态位不同于栖息地：

栖息地代表种群的“住址”，而生态位是种群赖以生存的“职业”；生态位除了说明栖息地外，还说明这一物种在这一群落中的营养地位，所需的物理和生物条件以及在时间和季节变化时的节律性变化等

- 生态位相似的物种，发生竞争。
- 生态位的多样性是群落结构相对稳定的基础。





蜂鸟的喙与花朵的形状
Science 2003

◇环境组分

◇无机与物理性环境因子：

辐射（光）、温度、湿度与水分、化学因素（大气成分、水中盐分、酸碱度）、土壤等。



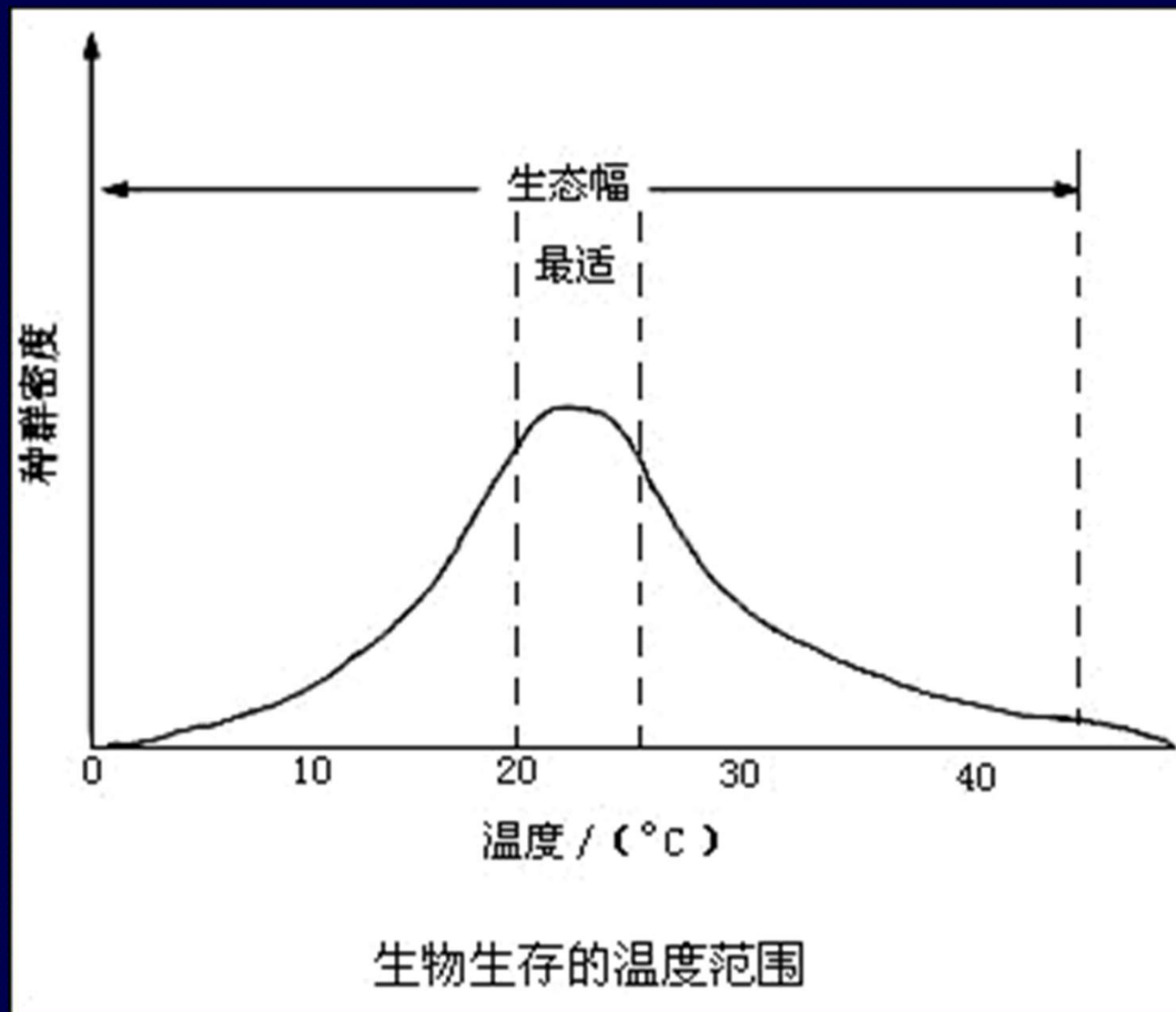


◇生物对环境因子的耐受性和限制因子

每种生物对环境因子的耐受范围，称**生态幅** (ecological amplitude) ；

各种生物的生长速度受它所需环境因子
最低量因素的限制，称为**最低量定律**
(law of minimum)





14.1.3 种内与种间关系

- ◇捕食 (predation)
- ◇竞争 (competition)
- ◇寄生 (parasitism)
- ◇共栖 (commensalism)
- ◇合作 (protocooperation) 与
互利共生 (mutualism)
- ◇化学互助和拮抗





澳洲的东南边有一个岛，叫麦夸里岛。面积128平方公里。比北京东西城区加一起略大一点。



THU-SLS

YAN



这个岛曾经是个好地方。盛产含猕猴桃在内的很多水果。



这个岛曾经是个好地方。盛产很多鸟类。



THU-SLS

YAN



在1810年的一天，坚忍号的船员们发现了这个岛，还有上面的大批各种海豹。





这里的环境不太适合人类居住，所以只有猎海豹的人定期来访。但是他们带来了老鼠。老鼠很喜欢这里（的鸟蛋和幼鸟）。老鼠也很擅长生小老鼠。



THU-SLS

YAN

不久之后，麦夸里岛上就有了很多的老鼠和少一些的鸟。
猎人发现自己的小屋总进老鼠，很烦。大约1820年前后，有一位机智的猎人想到了用猫来控制老鼠的天才点子。
猫很喜欢吃老鼠。但猫也很喜欢吃小鸟，也很擅长生小猫。



不久之后，岛上就有了很多的猫、稍少一点的老鼠和更少的鸟。
1870年，一位叫William Elder的猎人怀念起故乡的兔子肉，于是
机智地带了几只兔子上岛。
兔子跑了。兔子喜欢吃草。特别擅长生小兔子。



不久之后，岛上就有了更多的猫、很多的兔子、依然很多的老鼠和更少的鸟。

1880年，机智的人类试图控制兔子，于是把白鼬带上了新西兰还有麦夸里岛。白鼬吃兔子，但到处都是趴在地上的海鸟和海鸟蛋，不要白不要。





将植被挖得干疮百孔



2007年开始，这个项目的
预算是2400万澳元（约1.5
亿人民币）。

2011年，人们发现许多鸟在
吃被毒死的兔子和老鼠尸
体。一年里2190只鸟类死
于毒剂。



2013
故事结束了吗？
但愿吧。



14.1.4 生态系统的基本特征

- ◇生物群落是生态系统的组成核心；
- ◇生态系统具有一定的地区特点和空间结构；
- ◇生态系统表现明显的时间特征，具有从简单到复杂，从低级到高级的发展规律；



- ◇生态系统的代谢活动是通过物流与能流过程实现的；
- ◇生态系统在结构和功能方面具有复杂的动态平衡特征；
- ◇生态系统具有不同程度的开放性，不断地与外界进行物质和能量交换及信息传递，从而维持系统的有序状态。



14.2 生态系统的食物链和食物网

14.2.1 食物链和食物网的概念

生态系统中储存于有机物中的化学能，通过一系列吃与被吃的关系，把生物与生物紧密地联系起来，这种以食物营养关系彼此联系起来的生物序列，称为食物链（food chain）。

生物群落中错综复杂的食物关系，使多条食物链彼此交联，形成食物网（food web）。



14.2.2 食物链中的功能类群

- ◇ 生产者 (producers)
- ◇ 消费者 (consumers)
- ◇ 还原者或称分解者 (decomposer)

14.2.3 食物链的类型

- ◇ 捕食食物链
- ◇ 碎食食物链
- ◇ 寄生性食物链
- ◇ 腐生性食物链



14.2.4 食物链的基本特点

- ◆同一食物链中常包含有食性和其它生活习性极不相同的多种生物；
- ◆同一生态系统中，可能有多条食物链，长短不同，营养级数目不等；
- ◆不同生态系统，各类食物链的比重不同；
- ◆生态系统中，各类食物链总是协同起作用的。
- ◆食物网不仅维持生态系统的相对平衡，并推动生物进化，是自然界发展演化的动力



14.3 生态系统的能量流动、物质循环和信息传递

14.3.1 生态系统能量流动

◇ 生态系统能量存在的形式

辐射能、化学能、机械能、电能、生物能

◇ 生态系统的能量流动遵循热力学定律

能量守恒与转化

生态系统是一个开放系统，通过光合作用引入负熵；
通过呼吸，把正熵值转到环境。



14.3.1 生态系统中的能源和能流 (energy flow)

◇能流和营养水平 (trophic levels)

地球上依赖于绿色植物和各种藻类利用日光进行光合作用，每年生产约1 700亿吨有机物。

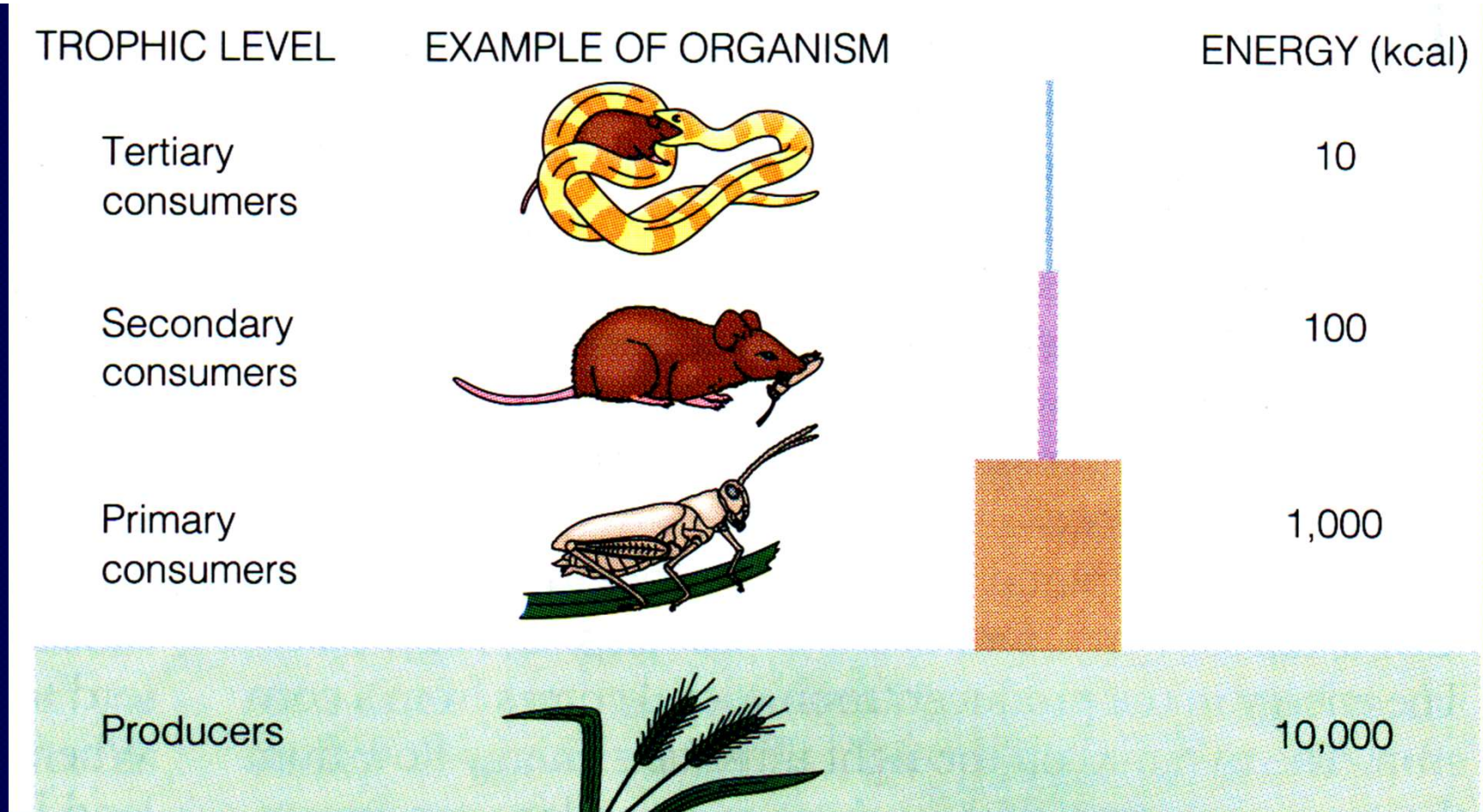
- 各类生物以地球生态系统初级生产者的总生产量/年为起点，能量按食物链顺序的流动，即能流
- 能流过程中，各类生物所处的地位称为营养水平。营养水平和食物链的环节是有限的（通常4 ~5个）



◇能量转化效率和生态金字塔

- **能量转化效率**：指某一营养级所固定的能量与上一营养级所携有的能量之比。
- **十分之一定律**：营养水平每上升一级所得能量只有原来营养水平的10%。
- **生态金字塔** (ecological pyramid)
生态系统中，当能量传递其营养级由低向高推进时，每级的个体数目、生物量或所含能量呈递减式塔型分布，称生态金字塔。





从 10^6 千卡太阳光照开始,生态系统中能量效率大约为10%。



14.3.2 生态系统中的物质循环

◇物质循环的有关概念

■ 生物地球化学循环 (biogeochemical cycle)

在生态系统乃至生物圈内，各种化学元素沿特定途径，从环境到生物体，又从生物体再回归到环境，这种不断流动和循环过程。

■ 水循环、气体循环（碳、氧、氮的循环）、沉淀循环（钙、钾、钠、镁、磷等盐类的循环）

■ 生物富集作用 (biological enrichment)

生态系统中同一营养级上众多种群或个体，从环境中积蓄某种元素或难于分解的化合物，致使生物体内该物质的浓度超过环境中的浓度的现象。例：DDT的富集



DDT的光荣与惨痛

- 1874年德国化学家Othmar Zeidler首次合成
- 1939年瑞士保罗·赫尔曼·穆勒发现杀虫功效
- DDT与青霉素、原子弹被誉为第二次世界大战时期的三大发明
- 1955年，WHO号召使用DDT抗疟，世界因疟疾死亡的比例从192下降到7/十万人
- 1962年，美国蕾切尔·卡逊发表《寂静的春天》
- 1972年，联合国通过《人类环境宣言》禁用DDT，中国1983禁用
- 2000年，科学家在Nature发表论文建议重新评估
- 2006年9月15日，WHO在禁止DDT 30多年后又重新推荐广泛使用DDT来防治疟疾。
- 斯德哥尔摩会议制定了2020年淘汰DDT的计划



DDT的光荣与惨痛

- 科普同样需要遵循科学逻辑
- 相关性与因果关系
- 生态系统的变量数目和复杂度可能比我们现在想象的还要大得多
- 人毕竟是人也有疯狂的科学家
- 科学的归于科学共同体
- 公共决策和科学 vs. 不明真相的吃瓜群众



14.3.3 生态系统中的信息传递 (了解)

生态系统中信息流（传递、接受和感应）存在于不同组织水平，是生物长期进化的结果。

■ 生态系统中的信息种类

- ◇物理信息：声、光、电、热等
- ◇化学信息：代谢分泌物、植物次生代谢物等
- ◇营养信息：影响生物的迁徙等
- ◇行为信息

■ 生态系统中信息传递的特征

- ◇具有可传扩性、永续性；
- ◇具有时效性、分享性与转化性



■ 生态系统中的信息传递

- ◇ 动物之间的信息传递是通过神经系统和内分泌系统进行的；
- ◇ 动物之间的信息传递决定生物的多种行为。
 - ◇ 取食：视觉、味觉、听觉信号对动物 取食的影响
 - ◇ 居住：物理信号和食物信号影响栖息地的选择。
 - ◇ 防护行为：拟态 (imicry)、警戒色、保护色
 - ◇ 性行为：性外激素 (pheromone) ；
- ◇ 生物的群集作用：食物、环境和信息素的作用。



兰花螳螂被称为最美丽的昆虫



14.4 生物圈和群落型

14.4.1 生物圈

- 生物圈地球上的生物和它们所生活的环境的总称。

生物圈包括水域、岩层表面、土壤和大气圈的下部。

生物圈是最大的生态系统



14.4 生物圈和群落型

14.4.2 生物群落型 (biome)

■ 陆生群落型

热带雨林、亚热带常绿阔叶林、温带落叶阔叶林、北方针叶林或泰加林、温带草原、荒漠、苔原

■ 水生群落型

◇ 淡水生物群落：流水和静水

◇ 海洋生物群落：地球表面的70%，平均深度4 000M



14.5 生态平衡及其重大问题

14.5.1 生态平衡 (ecological equilibrium)

- **概念：** 一个生态系统在长时间内，其结构和功能相对稳定，物质与能量的输入、输出接近平衡，在外来干扰下，通过自然调节（或人为调控）能恢复原初的稳定状态。
- **生态平衡是动态的平衡过程。** 自然界生态系统的发展过程与各类群落的演替过程是一致的，因此生态平衡是长期生态适应的结果。
- **生态平衡失调** 当外来干扰超过生态系统自我调节能力，而不能恢复到原初的稳定状态。



14.5.2 生态系统退化（了解）

■ 问题是怎样产生的

- 人口和技术能力的增长，造成自然生态系统的破坏在全世界范围内有增无减，尤其在经济发展中国家更为严重；
- 城市化、资源开发造成新的废弃地如建筑废地、农田撂荒地、垃圾填埋场、矿山废弃地等；

■ 列出世界范围内受威胁的生态系统清单、受害等级、分布面积，并在此基础上开展这类生态系统的恢复与抚育工作为当前最为紧迫的任务

■ 全球变化

■ 各国政府采取的相应对策

■ 国际全球变化重要研究计划



14.6 生态学理论的应用和新发展

- 生态平衡从宏观到微观都受到各个国家和各个行业越来越多的重视
- 微生物生态和微进化
- 每个多细胞生物都是一个小型的生态系统?
- 关注近期的热点：肠道微生物
- 微生物生态在医学和健康科学中的发展



14.5.3 生态学问题举例-11

■ 人类肠道中的生物多样性

■ (*Science*, 2005.3.25) (*Science*, 2005.4.15)

- 人类肠道有“第二个大脑”的绰号，如果把它拉长，它能环绕足球场一圈。人类肠道生活着1千亿以上的微生物体，其中微生物细胞的总数是成年人身体中细胞总数的10倍以上。
- Paul Eckburg和同事报告说，微生物群落的组成也随三个个体以及结肠中位置的不同而变化。
- 我们对这些微生物以及它们对健康或疾病的贡献了解得很少。



14.5.3 生态学问题举例-2008a

■ 雌性偏好决定雄性特征 (*Science*, 2008.1.25)

- 新的研究显示，科罗拉多草原上雄性鸣禽候鸟吸引异性的特征——从艳丽的羽毛到身体及鸟喙的大小——好像每年都在变化，这种变化取决于雌性鸣禽的偏好。
- 此外，雄鸟与雌鸟是否配对成功似乎取决于那个季节在雌鸟中流行的羽饰类型。



14.5.3 生态学问题举例-2010a

- **一只母鸟下多少个蛋?** (*Science*, 2014.3.12)
- Camilla Hinde及其同事打乱了母鸟所具有的产前指示信号（即由蛋中的母体激素所提供的信号）。
- 他们发现，当母金丝雀所喂养的“收养”幼鸟如果对食物的要求比它们自己的幼鸟要少的话，它们在来年会产下更多的蛋；当母金丝雀所照顾的“收养”幼鸟对食物的要求比它们自己的幼鸟更多的话，它们在来年所产的蛋会更少。
- 理论与实验的结合清楚地证明了一只幼鸟的乞食会给母亲提供有关它们的后代健康状况的有价值的资讯，而母鸟产前的指示信号可转达这个资讯。



14.5.3 生态学问题举例-7

- **不要“落井下石”** (Science, 2004, 303:1303)
- 在野火、洪水和狂风之后打捞木材会破坏因这些扰动事件所带来的许多生态利益。
- 比如，移走飓风后倾倒和损坏的树木会减少洞穴类哺乳类动物、啄木鸟和其它生物的重要栖息地。
- 打捞木材也会削弱一场扰动后生态的恢复能力，正如最近发生在亚洲西南部的森林大火。在(自然)扰动之后打捞木材也可能带来更多的损失，造成所谓“**双重灾难**”事件。



14.5.3 生态学问题举例-8

■ 外来物种入侵

- 外来物种分为有益和有害两种
- 资料表明，外来物种入侵可以造成很大的经济损失。美国的损失每年高达1500亿美元，印度每年为1300亿美元，南非为800亿美元，我国达574亿元人民币



课外科普读物

- 夏勒：《最后的熊猫》
- 蕾切尔·卡逊：《寂静的春天》



Thanks for your attention!

下节课:

好好复习，迎接快乐的期末考试~

