



农业生态系统的物流

主目录

主菜单

退出

§ 4—1 基本概念和原理

- 一、生物地球化学循环 (**Biogeochemical cycles**)
- 二、物质循环的库 (pool)、流 (Flow)
- 三、周年率与周转期
- 四、循环效率

§ 4-1-1 生物地球化学循环

- 一、生物地球化学循环（Biogeochemical cycles）
 - （一）概念：
 - 各种化学元素，包括原生质中必不可少的营养物质，在生态系统乃至生物圈里，沿着特定的途径从周围环境到生物体，再从生物体到环境，不断地进行流动和循环，这些不同的循环途径就构成了生物地球化学循环。
 - （二）类型：
 - 1. 根据物质循环的范围、路线和周期不同，可分为：

§ 4-1-1 生物地球化学循环

- (1) 地质大循环：物质和元素经生物体的吸收作用，从环境进入有机体内，然后生物以死体、残体、排泄物等形式返回环境，进入五大自然圈的循环。

- 五大自然圈 { 大气圈
- { 水圈
- { 土壤圈
- { 岩石圈
- { 生物圈

§ 4-1-1 生物地球化学循环

- 特点：时间长、范围广，影响面广，具有全球性质，是闭合性循环。
- (几百年、几千年、几百万年，甚至上亿年)，如：
 - ①大气中的CO₂通过生物圈的光合和呼吸作用约好400年循环一次。
 - ②O₂通过生物代谢，约2000年循环一次。
 - ③水圈（包括占地球表面71%的海洋）中的水，通过生物圈的吸收、排泄、蒸腾，每当200万年才循环一次。
 - ④至于由岩石土壤圈风化出的矿物元素循环一次则需要更长的时间，甚至要经过几亿年。

§ 4-1-1 生物地球化学循环

- (2) 生物小循环：
 - 是指环境中元素经生物体吸收，在生命系统中被相继利用，然后经分解者分解成无机态进入环境，再次为生产者吸收利用。
 - 特点：在一个系统内进行，范围小、时间短、速度快，是开放式的循环。
 - 2. 根据循环主要是与大气圈，还是与岩石土壤或水圈联系划分（根据物质在五大自然库的库存量的主次、大小和固定的时间长短）

§ 4-1-1 生物地球化学循环

- (1) 气体型 (Gaseous types) :
 - 其贮存库在大气中。元素或化合物可以转化为气体形式，通过大气进行扩散，弥漫于陆地或海洋上，在很短时间内又可被植物重新利用。如C、N、O等由于有巨大的大气储存库。对于干扰可相当快地进行自我调节。因此，从全球意义上看，这类循环是比较完全的循环。
- (2) 沉积型 (Sedimentary types)
 - 其贮存库在地壳里。经风化作用从陆岩石缓慢释放的某些化合物或元素被植物吸收，参与生命物质的形成并沿食物链运转，然后动植物有机体经微生物的分解作用又将元素返回环境，除一部分保持在土壤中供植物吸收利用外，一部分以溶液或沉积物状态随流水进入海洋，经沉降，淀积和成岩作用变成岩石，当岩石被抬升并遭受风化作用时，该循环才算完成。这类循环是缓慢的，倾向于不完全的循环，并且容易被局部干扰所破坏。如P、S、Ca、I、K、Na等循环。

§ 4-1-2 物质循环的库与流

- 二、物质循环的库(Pool)、流(Flow)
- 1. 流(flow)
- 生态系统中的能量和物质不是静止不动的，而是不断地流动着。
- 能量和物质通过食物链形成的转移运动状态，称为流。
- 生态系统中主要的流有物质流、能量流和信息流。
- 农业生态系统要获得高的生产力，就要使系统内的能量和物质的流量大，流速快且畅通无阻。

§ 4-1-2 物质循环的库与流

- 2. 库 (pool)
- 生态系统中能量和物质在运动过程中被暂时固定、贮存的场所，称为库。
- 生态系统的各组分都是物质循环的库。
- 农业生态系统中主要有植物库（农作物、蔬菜、果树、林木、牧草等），动物库（畜、禽，虫等）土壤库、大气库和水体库。
- 库存 (S) —— 库在某一时刻所贮存的某一化学元素的数量。
- 物质循环的库在生物地球化学循环可分为两大类：
 - 贮存库：(Reservoir pool) 容积大，活动缓慢一般为环境库。
 - 交换库：(Exchange pool) 容积小，与外界进行物质交换比较活跃，一般为生物成分。

§ 4-1-2 物质循环的库与流

- 4. 库与流的作用及相互关系
 - (1) 没有库，环境资源不能被吸收，固定，转化为各种产物。
 - (2) 没有流，库与库之间不能联系与沟通，则物质循环阻塞，生物无以维持，生态系统也将瓦解。
 - (3) 库的吸收，固定和贮存的能力，不仅决定于生物种群的特性，也决定于循环。
 - (4) 农业生态系统中，生物种群所具有的捕获、吸收和转化能量与物质的性能和效率，决定了流的数量和速度，也决定了能量和物质在生物种群之间的分配的定量关系。
 - (5) 一个高效的生态系统，必须是库容量大，流动畅通。

§ 4-1-3 周转期与周转率

三、周转率与周转期——衡量物质流动效率的指标

- 1. 流通率 (flow rate)：单位时间内出入库的物质流量
 - 输入 (FI)
 - 输出 (FO)
- 2. 周转率：系统达到稳定状态后，流通率 (FI或FO) 与库存 (S) 的比例。 $R = F / S$
- 3. 周转期：周转率的倒数，表示该库的全部物质全部更换一次平均需要的时间。 $T = S / F$
- 四、循环效率：循环物质占总输入物质的比例 $EC = FC / FI$

·
·
·

§ 4—2 几种重要物质的循环

- 一、碳循环
- 二、氮循环
- 三、磷循环
- 四、水循环
- 五、硫循环

§ 4-2-1 碳循环

一、碳循环

（一）概况

• 1. C Cycle是所有养分循环中最简单的一种，但对生命的意义却是十分重要的。C是有机物的基本成分，占干重的49%。

• 2. C的来源是CO₂

• 地球上总碳量为 { 无机态占大部分 { 0.14%为CO₂
地壳沉积物中

• 26×10¹⁵吨

• 有机态 { 化石64%：煤、石油、碳
有机残体占42%：土壤和
水中
占0.15% { 生物体成分占4%

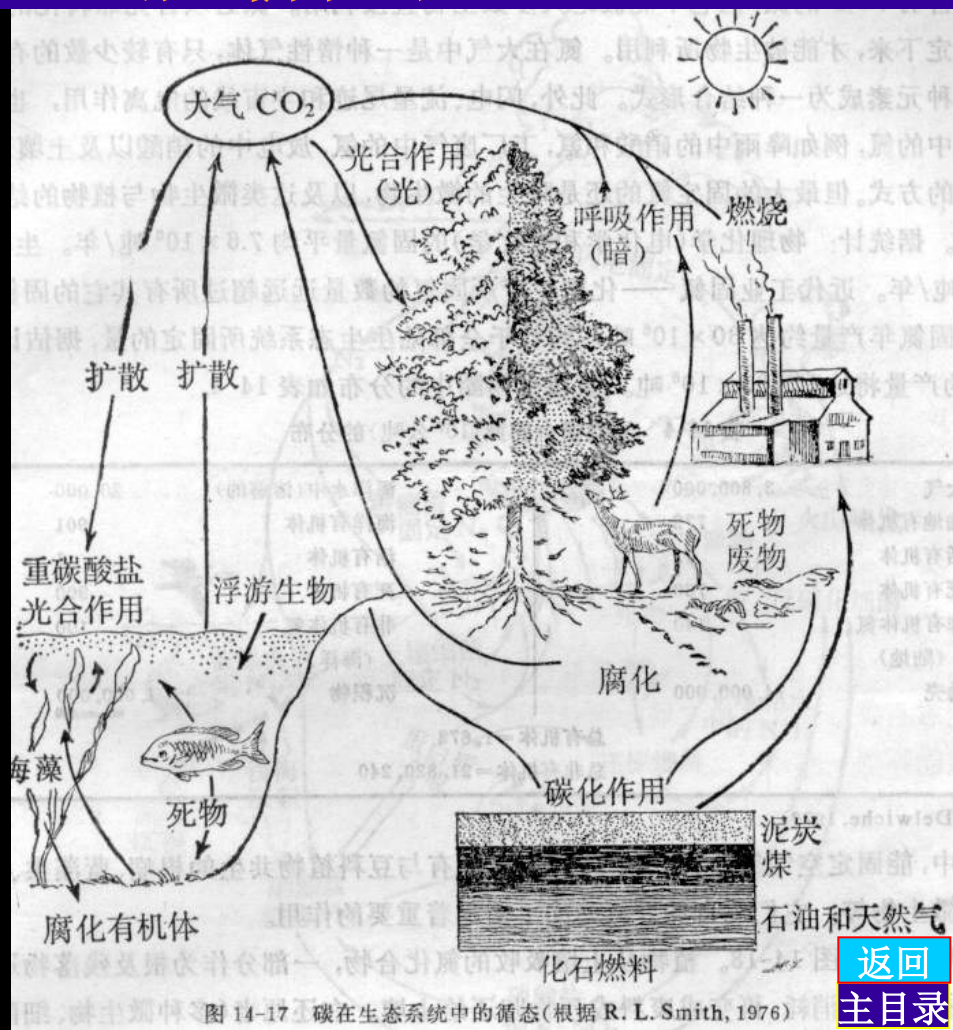
§ 4-2-1 碳循环

- (二) C Cycle基本过程
- C Cycle是从光合作用固定空气中的CO₂开始的。
 - 1. 大气库与生物组分之间的循环
 - (1) 特点：①这是一生物过程
 - ②属于气相循环

§ 4-2-1

碳循环

- (2) 过程
- CO_2 通过绿色植物的光合作用进入生态系统， CO_2 和水形成 CH_2O ，然后在系统中流动，其流动途径：
① 沿食物链传递：这种过程是最理想的，C 一直在生态系统的生物组分中。
② 生物的呼吸作用，使 CO_2 返回到大气。



§ 4-2-1 碳循环

• 2. 大气与海洋间的交换

• (1) 特点: ①这是一自然过程, 生物不能控制。②海洋溶解的 CO_2 是大气库中 CO_2 的50倍, 因而海洋对大气中的 $[\text{CO}_2]$ 具有缓冲机制。

• (2) 过程:

• 3. 沉积循环:

• (1) 特点: ①这是一自然过程——这种途径C素经化石、石灰岩或油页岩等固态过程, 有相当长一段时间离开了气相循环, 离开了生物圈, 进入了地质大循环。②这是自然界最大一个库。

• (2) 过程

§ 4-2-1 碳循环

•4. 人类活动的干预

- 在空气中， $[\text{CO}_2] \approx 0.04\%$ ，但自第二次工业革命（1850年）后，人类大量砍伐森林、开采化石燃料，从而将几百万年前被光合作用固定的C通过燃烧又释放到大气中。据统计每年燃烧矿石释放到大气中的 CO_2 约50—60亿吨，虽然大部分被海洋吸收而缓冲，但仍有1/4保留在大气中，使大气 $[\text{CO}_2]$ 逐年上升。过去一百年， $280 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1} \rightarrow 355 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。
- 由于 CO_2 对红外线有强烈的吸收作用，因此 CO_2 的增加将产生“温室效应”。虽然 $[\text{CO}_2] \uparrow$ 有利于光合作用增强，但也导致全球近地表温度升高，这对全球的气候，大气环境。降雨……等将产生一系列不利于人类的影响。

返回

主目录

主菜单

退出

§ 4-2-1 碳循环

- (三) 农业生态系统的碳流的问题
 - 1. 养分循环的两种控制：
 - 1) 生物控制：通过食物链控制
 - 2) 人为控制：通过食物输入、产品输出等控制
 - 2. 农业生态系统的良性循环要求促进和保护生物控制
 - 这就面临两个选择：动植物残体的去向
 - (1) 肥料：提高地力（以有机物形式返回土壤）

§ 4-2-1 碳循环

- (2) 燃料：以CO₂形式返回大气→土壤有机质数量不足→
 - 土壤微生物C源不足→土壤有机质含量↓ →地力衰退。
 - 发展中国家，因人口多耕地少，大量砍伐森林
- 毁林的结果 { 燃料
耕地
- 沙漠化 (Negro)
- 地力下降、广种薄收
- 因此必须提供辅助能源为生活能源，同时大力控制人口数量解决粮食，耕地问题。

§ 4-2-2

氮循环

- 二、氮循环

- (一) 概况

- 1. N是生物体中Aa、protein、Chl-、DNA、RNA中不可缺少的元素。
- 2. N的主要库存是大气——主要是气态循环。以N₂的单质形式存在。在大气中占79%，总贮量约48×10⁶亿吨，但不可被植物直接利用，必须通过固N作用。

- (二) N循环基本过程

- 1. 固氮作用是气态循环的重要机制

§ 4-2-2 氮循环

- 1) 生物固N: 每年 175×10^6 吨
 - ①固N生物: 根瘤菌 蓝绿藻
 - 农业上利用根瘤菌较多, 占全部生物固N的40%左右, 因此农田中靠包括豆科作物在内的作物轮作来维持土壤的持续肥力是非常重要的, 稻田的蓝绿藻对增产亦有明显的作用。
 - 固N作用
 - ② $N_2 \longrightarrow NH_4^+ \longrightarrow$ 食物链
- 2) 工业固N: 45.9×10^6 吨 (1977年) \rightarrow 100×10^6 吨 (1997年)
- 3) 大气固N: 通过闪电和宇宙射线固N, 7.6×10^6 吨。

§ 4-2-2

氮循环

- 2. 生态系统中的氮流途径

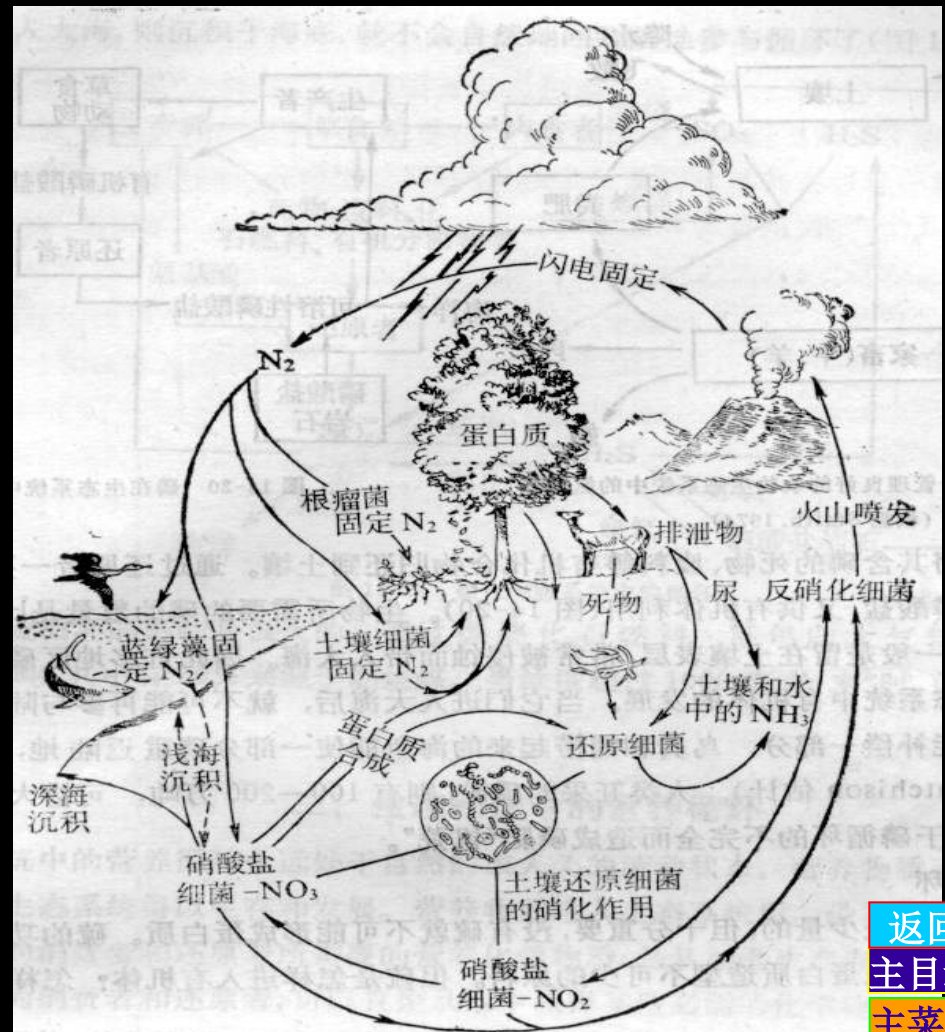


图 14-18 氮在生态系统中的循环(根据 R. L. Smith, 1976)

§ 4-2-2

氮循环

•3. 人为干预

-1) 干预途径 (方式): 农业生产生物固N

• 工业固N: 占有20—40%

-2) 问题

•①地下水污染

•由于施肥不当, 会使蔬菜、饲料中N累积过多或随水流动进入饮用水、地下水中。

•食物和饮用水中 NO_3^- 含量过高, 在一定程度下生成的亚硝胺是致癌物质。美国明尼苏达州1947年—1950年149例儿童获亚铁血红蛋白症, 有14例死亡, 查明原因是由于饮用的地下水中被硝酸盐污染。而 NO_4^- 在烹调过程中和消化道中形成 NO_2^- , NO_2^- , 与血红蛋白结合, 使其载氧能力受到损害

返回

主目录

主菜单

退出

§ 4-2-2

氮循环

•②水体富营养化:

•A. 定义: 当水体中的总磷 $> 20\text{mg}/\text{m}^3$, 无机N $> 400\text{mg}/\text{m}^3$ 时, 可以认为该水处于富营养化状态 (eutrophic water)。

•B. 来源: 土壤中的N、P营养元素及生产、生活中的污水

•C. 后果: 水体中营养过分丰富, 水生藻类繁茂, 它们死亡后, 在水体中腐烂分解, 产生大量 CH_4 、 H_2S 、 CO_2 、 NH_4 等, 使水质变坏。同时有机质分解时大量消耗水中的溶解 O_2 少于 $4\text{mg}/\text{升}$ 时, 会造成鱼类和其它水生动物的死亡。

• 大多数江河湖沼中N和P是光合自养生物的主要限制因子, 一旦增加这些养分, 初级生产大大提高。在某些情况下这是好的, 为此有时还有意识地在鱼塘中施肥。但必须避免水体富营养化

返回

主目录

主菜单

退出

§ 4-2-2

氮循环

- ③破坏臭 O_3 层
- 反硝化作用产生的 N_2O 进入大气后会破坏臭 O_3 层
- $N_2O + O_3 \rightarrow 2NO + O_2$
- $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$
- 若臭 O_3 层破坏5%，进入地球的紫外线会增加10%，结果会使皮肤癌的发病率大为提高。据推测，在今后几年内农业使用的氮肥约有1—6%成为 N_2O 进入大气。
- 2000年，臭 O_3 层密度减少2%，在南极、北极均发现臭 O_3 层空洞。
- ④作物偏N
- 偏N → 营养生长过度
- 谷类作物，块根块茎作物
- 经济系数低
- 对病虫害抗性下降

§ 4-2-3 磷循环

• 三、磷循环

• (一) 特点:

- 典型的沉积循环，以不活跃的地壳作为主要贮存库，是一种不完的循环，其时间尺度地质时间，因而从人类的观点看，进入了沉积循环的磷就作为是损失掉了，因此这部分磷在短期内对生物无效。

• (二) 过程

- 从循环的过程看，在循环过程中P总是有损失的，为增加P循环的封闭性，必须尽量减少陆生生态系统的损失。如让P经常贮存在有机体中则不易流失，贮存在土壤中却极易因土壤侵蚀流失掉。如图所示 NEXT

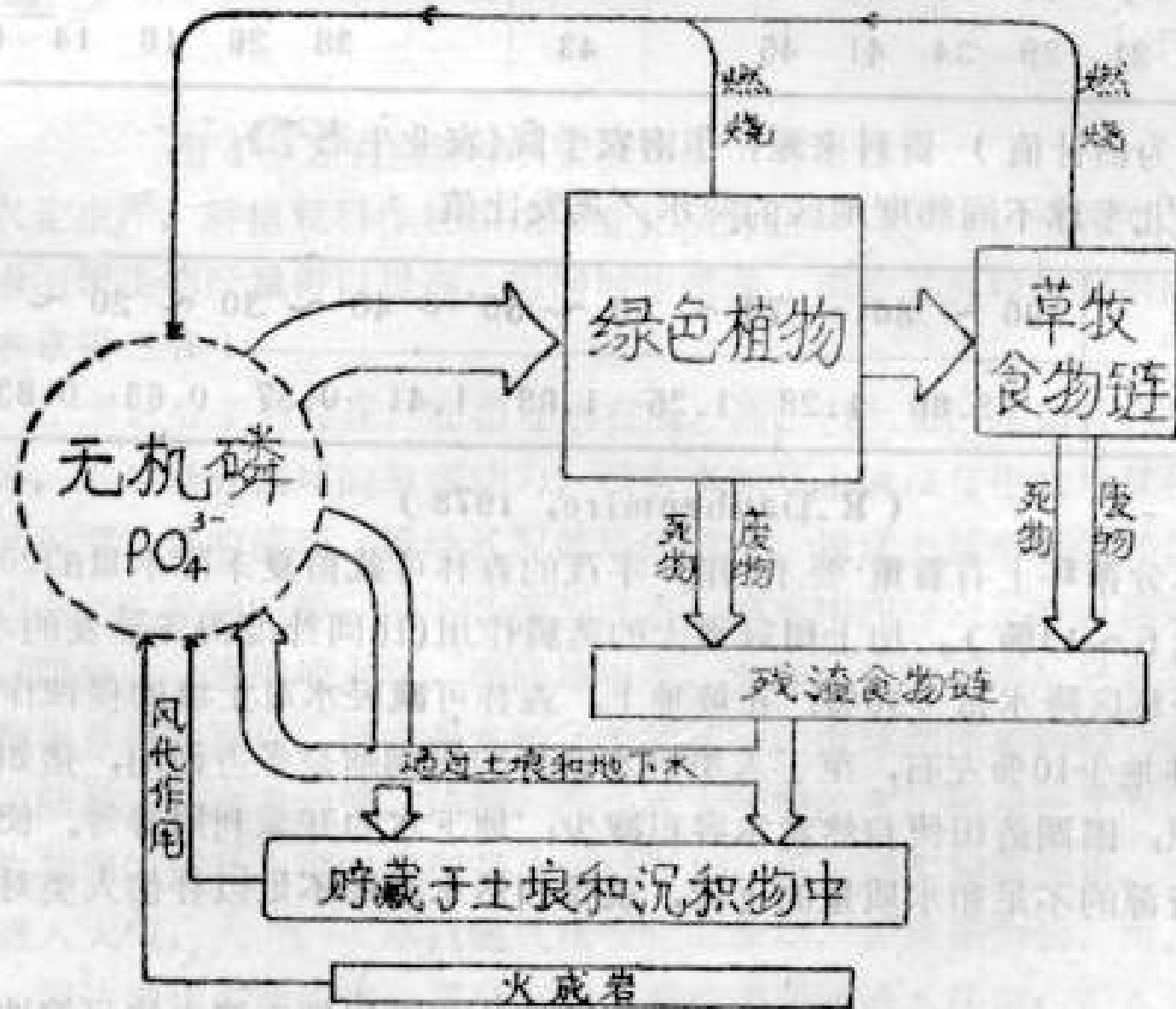


图 4~4 磷循环

[return](#)

§ 4-2-3 磷循环

- (三) 人类干预
- 1. 大量开采磷矿，加剧了P的损失，以后会造成资源枯竭。现地壳中磷约含纯磷约198亿吨，按现在的消费率计算可持续用1750年，若考虑到P的消费率增长是人口增长的2.76倍，则90年内将耗尽。
- 2. 农田生态系统中P的亏损途径：①水土流失 ②农产品输出
- 3. 污染
- (1) 营养富集
- 西、北欧美大量施用P肥和含P的合成洗涤→水体富养化→水质恶化→渔业资源减少
- (2) 放射性物质污染
- 磷矿石中含放射性的铀、钍等物质，经常施P使土壤放射性物质增加，影响作物生长和产品质量。

§ 4-2-4 水循环

• 四、水循环

• (一) 概况

- 水是生物圈中最丰富的化合物，以固、液、气三相存在。
- 地球的海洋、冰帽、冰川、湖泊、河流、土壤和大气中共含有15亿 Km^3 的水。

§ 4-2-4 水循环

• 其中：

• 海洋液态咸水：97%

• 淡水（4%）
• 3 / 4：固态水。在两极的冰帽和冰川中

• 1 / 4：陆地中水
• 90%：地下水

• 10%：土壤水分，淡水湖泊、河流及大气含水量

• 因而可供植物根系利用的水比例很小。

返回

主目录

主菜单

退出

§ 4-2-4 水循环

• (二) 水循环

• 1. 三个基本环节：降水（P）、蒸发（E）、径流（R），这三个基本环节相连构成了水循环。水在生物圈的循环可以看作是从水域开始，再回到水域而终止。

–1) 水域中的水受太阳辐射而蒸发（E）进入大气

–2) 大气中的水汽随气压变化而流动，并聚集为云

–4) 云以雨、雪、雾、等形式降落到地球表面

–4) 到达地表面的水，一部分直接形成地表面径流进入江河，汇入海洋。一部分渗入土壤内部：大部分通过地下径流而进入海洋，接近土壤部分为植物吸收

返回

主目录

主菜单

退出

§ 4-2-4 水循环

•5) 植物吸收的水分，大部分用于蒸腾散失到大气中，只有小部分为光合作用同化形成有机质进入生态系统，再经过生命的呼吸与排泄进入环境。

- 内因：其相变——P和E
- 水循环
- 外因：水的重力梯度（R）和太阳辐射

§ 4-2-4 水循环

- 全球上水分循环有两种途径：
- ①通过相变和大气环流形成蒸发和降雨
- ②通过热力学梯度与势能梯度的作用以洋流和径流的方式运动



图 14-16 地球水循环过程(根据 R. L. Smith, 1976)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/508010036004006111>