

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

中国科学院大学课程

高级生态学

(第3讲)

蒋高明 博士、研究员

中国科学院植物研究所
中国科学院大学教授

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

水的作用

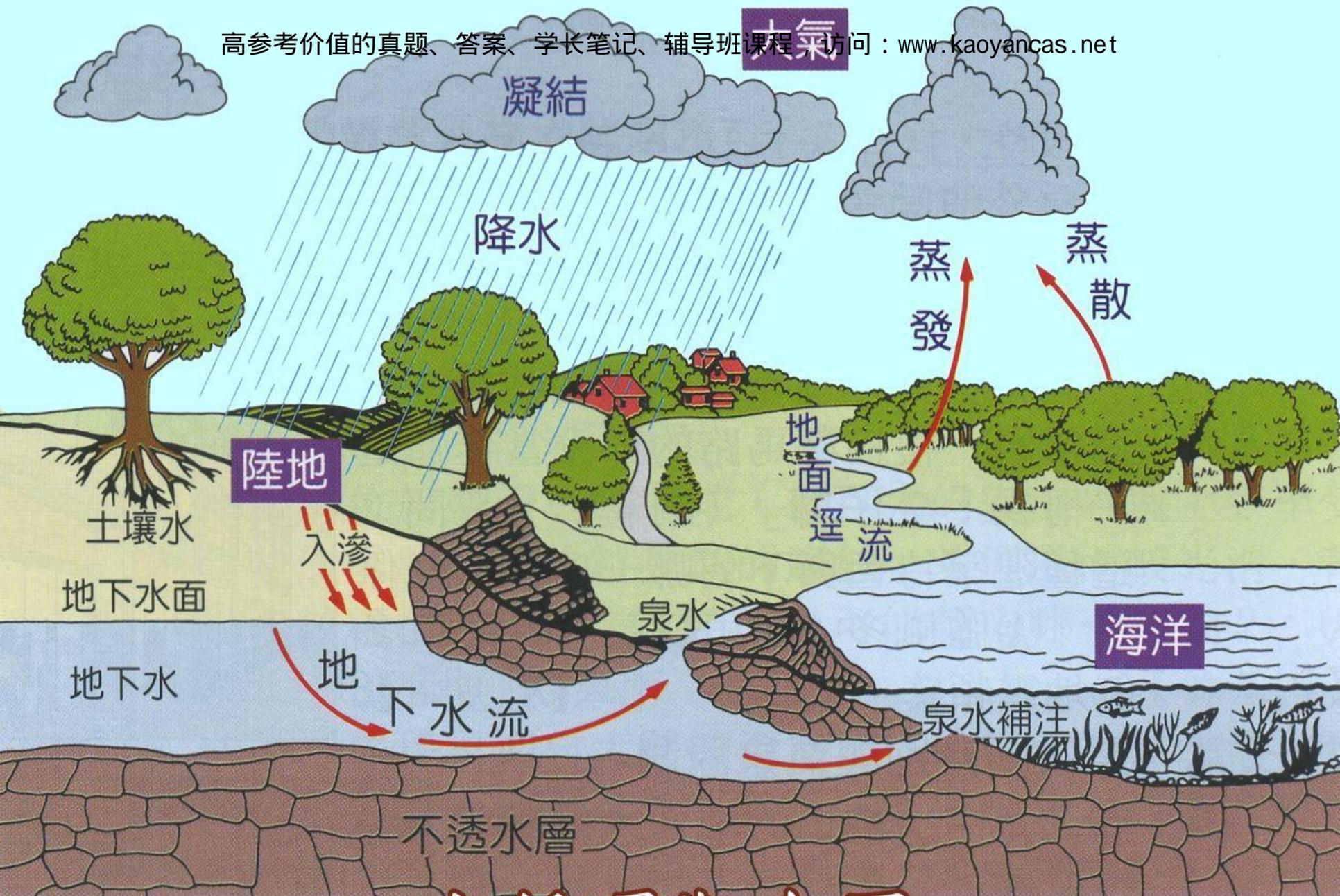
完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

2.3 水及其生态作用 (1)

■ 水的分布

- 地球素有“**水的行星**”之称，地球表面约有70%以上被水所覆盖，地球总水量约为14.5亿立方公里，其中94%是海水，其余则以淡水的形式储存于陆地和两极的冰山中。
- 水分在地球上的流动和再分配有三种方式：一是水汽的大气环流；二是**洋流**；三是河流的流动。地球各地的水分平衡主要以上述三种方式为主。
- 地球上的水分循环由两部分组成，其一是海洋，蒸发的水分有一部分经大气环流输送到大陆，并成为降水。大陆上的降水一部分蒸发成水汽，一部分渗至土壤中，一部分又经江河流回海洋，这种海洋与大陆之间的水分交换，称为**大循环**或外循环；其二是海洋和陆地水蒸发后，在空中形成降雨，回复到原来的海洋和陆地称为**小循环**和内循环。

大氣



水循環觀念圖

2.3.1 水的形态及其变化

■ 水的变化

- 水有三种形态：**液态、固态和气态**。三种形态的水因时间和空间的不同能发生很大变化，这种变化导致地球上各地区水分再分配。
- 水因蒸发和植物蒸腾把水汽送入大气，而大气中的水汽以雨（**液态**）、雪（**固态**）等形态降落到地面。
- 以整个地球计，平均蒸发量和降水量是相等的，每年接近1000 mm。蒸发量和纬度有关，一般高纬度地区的蒸发量比低纬度地区的低。



2.3 水及其生态作用 (3)

■ 水的变化 (2)

1) 气态水

- 空气中的水汽主要来自海平面、湖泊、河流以及地表蒸发和植物的蒸腾。通常用相对湿度来表示空气中的水汽含量。
- 相对湿度是指大气中实际水汽压与最大水汽压之比，用百分比表示。相对湿度越小，空气越干燥，植物的蒸腾和土壤与自由水体表面的蒸发就越大。相对湿度随温度增高而降低，随温度降低而增高。所以，在一天内相对湿度早晨最高，下午最低；在一年当中，一般地最冷月相对湿度最大，最热的月份则相对湿度最小。
- 我国由于受季风影响，则出现相反的变化规律，即冬季空气最干燥，而夏季空气最湿润。

2) 液态水

- 空气中的水汽过饱和时会发生凝结现象，从而产生液态水，液态水包括露、雾、云和雨。
- 露的形成是由于物体表面温度在晚间辐射冷却到露点温度时，空气中的水汽在物体表面凝结成液态水的过程，露对于沙漠地区的短命植物特别重要。
- 当空气中的水汽达到饱和时就形成雾，雾实际上就是地面的云层，能减少植物的蒸腾和地表的蒸发。
- 云的形成是由于空气上升，绝热膨胀冷却，温度降低，水汽凝结的过程，云的多少会影响光照强弱和日照时数的长短。

■ 水的变化

- 雨的形成是空气运动的结果，当空气上升，绝热膨胀冷却，水汽凝结就形成雨。
- 根据形成的原因雨可分为气旋雨、地形雨、对流雨和台风雨四种。降水量不仅因地区不同而已，还因季节不同而有很大差别，一般是夏季降水量占全年降水量的一半左右，其次是春季和秋季，冬季降水量最少。
- 我国降水量多少和同期的温度高低成正相关(雨热同期)，这对植物生长发育很有利。但不同降雨方式对植物发生的效应是不同的，如降水强度越缓和，渗入土壤中的水分越多，则降水效应越好。

■ 水的变化

3) 固态水

- **固态水**主要是指霜、雪、冰雹和冰。霜是指露点温度为零度以下时在物体表面所形成的固态水。
- 当空气中露点温度在零度以下，水汽就直接凝结成固体小冰晶，降落到地面就是冰雹或雪。
- 降雪的地区分布与该地区的温度高低有关，在低纬度地区，高山之上才有降雪；在温带地区，降雪仅限于冬季；在**两极**，全年降水都是雪。

2.3.2 水的生理生态作用

1) 生物体的重要组成部分

- 没有水就没有生命，地球上水的出现比生命更早，水是生物体不可缺少的重要组成部分。植物体的含水量一般为70%-80%，有些植物则可达90%以上；而种子的含水量<10%；细胞壁的含水量在8%左右(Stamm 1944)。
- 生物的一切代谢活动都必须以水为介质，而所有的物质也都必须以溶解状态才能进出细胞，所以在植物与环境之间时时刻刻都在进行着水分交换。生物起源于水环境，在进化过程中，超过90%以上的时间都是在海洋中进行的。
- 水对陆生植物的热量调节和能量代谢也具有重要意义，因为蒸腾作用是所有陆生植物降低体温的重要手段。处于干旱的条件下的植株与处于水分适宜条件下的个体相比，形态结构特征往往有较明显的差异：个体矮小；叶小而硬，气孔少而下陷，栅栏组织多层、排列紧、细胞间隙少，海绵组织不发达；体表的表皮细胞厚，角质层发达，毛被及蜡质有所增加等。

2) 水对生长发育的作用

- 水是光合作用的原料之一，没有水就形成不了干物质。其次，水通过质(形态)、数量和持续时间来影响植物的生长、发育、繁殖和分布。在水的质上，植物只能利用液态的水，并且主要是淡水；在量上，水分对生物生长也有最高、最适、最低的三基点。
- 对植物来说，**干旱**抗性是植物抵抗干旱时期的一种能力，并且是一个综合特性。一种植物在极度干旱胁迫下存活的前景愈好，原生质水势的一种有害降低能被延迟的愈长(逃避干旱)，则更多的原生质能度过干旱而未受损伤(**干化耐性**)。
- 在**恒水植物**中，干化耐性很低，抗旱性的种间差异主要是逃避干化的差异。为在干旱地区生存，植物并非必须是抗旱的，逃避干旱的植物种在水分充足的短期内进行定时生长和生殖(**短命植物**)。

水生植物的生境

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



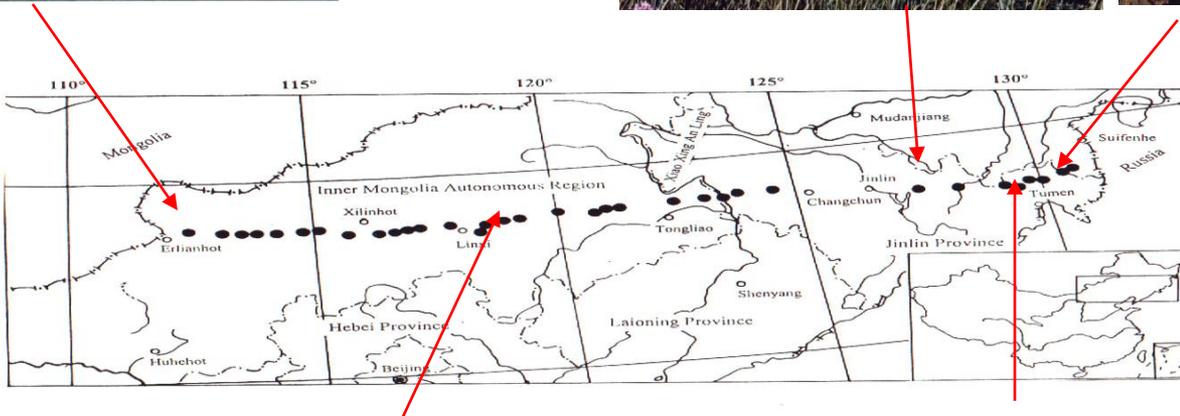
完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

■ 水的生理生态作用

3) 水对生物群落分布的作用

- 水对植物分布的影响主要表现在群落分布的经向地带性 (longitudinal zonality)，以中国东北样带(Northeast China Transect, NECT)为例，从东到西随着水分的不断变少，植物群落分布也发生响应的变化，分别是，暖温带落叶阔叶林→森林草原→草甸草原→典型草原→荒漠化草原→荒漠(Jiang *et al.* 1999)。
- 在热带地区，随着水分条件的递增，从常雨林开始，可能依次出现下列植被类型：常雨林→季节性雨林→季雨林→稀树乔木林→多刺疏林→稀树干草原。

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



沿北纬43.5°纬度线上，植物群落分布从东到西(经向上)依次分布森林、森林草原、草甸、典型草原、荒漠

完整版，请访问www.kaoyancas.net 中科院考研网，专注于中科院考研

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

CO₂的作用

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

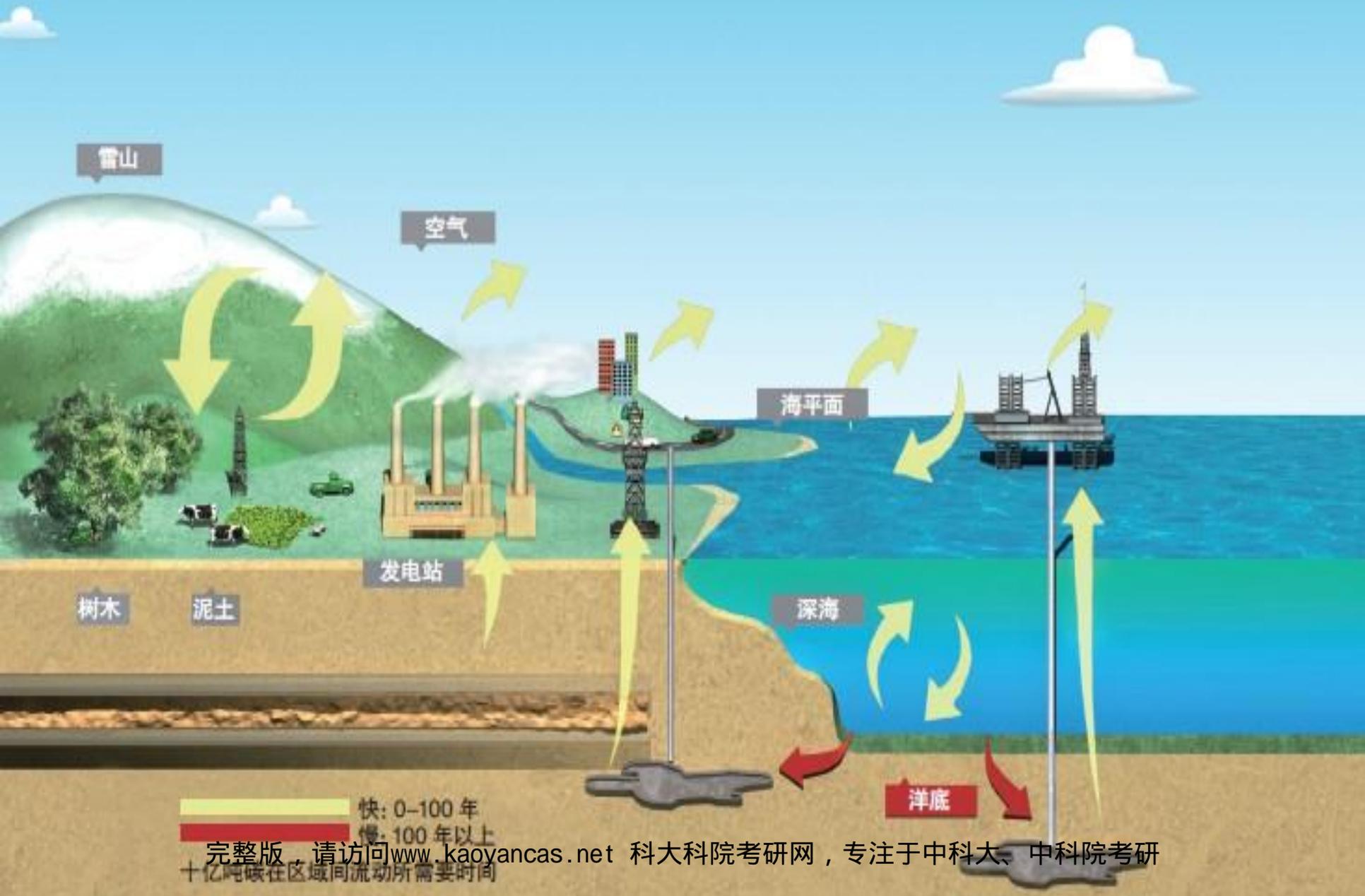
2.4.1 CO₂的分布

■ CO₂

- **大气中**的碳主要以CO₂的形式存在着，其中的C约为 7×10^{11} t。水中溶解状态CO₂的占有重要的地位，如表层水中含有约 5×10^{11} 的C；而海洋中约含有 345×10^{11} 的C（因此，海洋是地球最大的C库）。
- 在**陆地**上，大气中的CO₂被植被截获后通过光合作用转变成总生物量约为 200×10^9 t，此总生物量用来供养人类、动物以及植物本身的需要。假设生物圈处于平衡状态，则此 200×10^9 有机物质将仅用于维持生物圈的现状
- 在**地球**上，产生CO₂主要来自动物、植物和微生物的呼吸消耗，其中微生物的作用对于产生CO₂来讲，意义更大，因为它的生物量比绿色植物小2000多倍，但两者的呼吸消耗产生的CO₂却基本一致。这几类生物的生物量和消耗光合产物的情况如下： 84×10^9 t 有机物被用来保证 200×10^9 t的绿色植物呼吸消耗； 5×10^9 t 有机物被用来燃烧； 20×10^9 t 有机物被用来维持 2×10^9 t 动物的生活； 0.6×10^9 t 有机物被用来保证 0.1×10^9 t 人类生活的需要； 84.5×10^9 t 有机物被用来弥补 1×10^9 t 细菌和真菌呼吸消耗

■ CO₂的分布

- 大气中的CO₂浓度目前的平均值在390 μmol mol⁻¹左右，但是这个值随着季节的变化而变化，一般夏季的CO₂浓度比冬季低20 μmol mol⁻¹左右，主要与光合作用的进程有关。
- 同在生长季节，夜晚的CO₂浓度比白天高，如温带落叶阔叶林中，白天与夜晚的CO₂浓度最大差值可达41 μmol mol⁻¹(Jiang *et al.* 1997)。城市中的大气CO₂浓度与自然植被地区高，主要是因为城市是CO₂生产的源，而其植被对CO₂固定的“汇”的作用较小，例如北京近郊区与北京山地同在夏季大气CO₂浓度平均相差53 μmol mol⁻¹左右(蒋高明等 1998)。
- 自然界中，C在生物圈中的不同组分，如生物群落、大气、海洋之间进行着循环，人类因为燃烧化石燃料，加速了CO₂的循环过程，由此造成了全球变化等重大环境问题。在C的循环过程中，CO₂扮演着重要的角色。



2.4.2 CO₂变化引起气候变化)

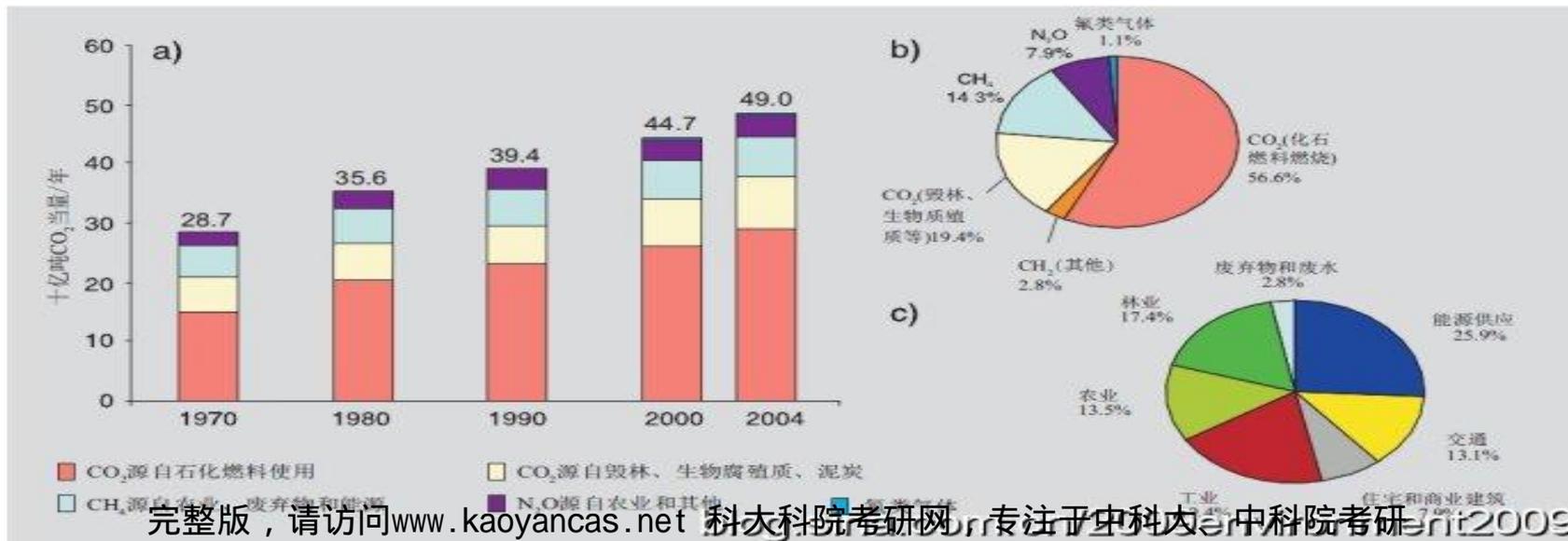
■ CO₂变化

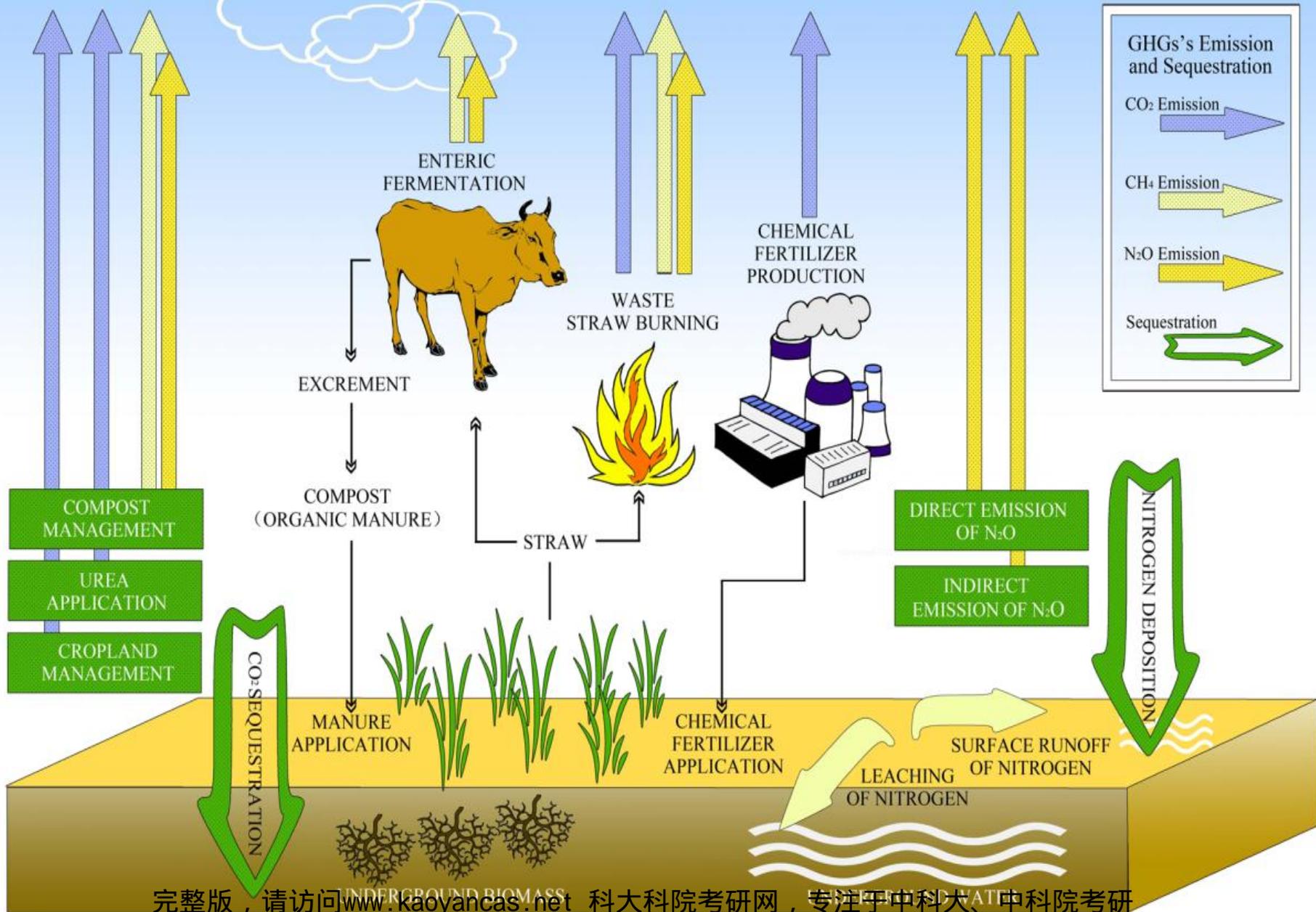
- 自从工业革命以来，大气CO₂浓度一直是增加的，尤其到了20世纪50年代以后，增加的速度更加惊人。1958年大气CO₂浓度为315 μmol mol⁻¹，而到了1998年则上升到了367 μmol mol⁻¹，40年中增加了52 μmol mol⁻¹，年增加率由60年代的0.8 增加到了80年代的1.6。如果按照此速率下去，到21世纪中叶，大气中的CO₂浓度将倍增，即增加到720 μmol mol⁻¹左右。
- 有足够的证据表明，现代大气中CO₂浓度的增加是由于人类使用化石燃料(煤、石油、天然气)以及生产水泥所导致的。另外，热带土地利用方式的改变，如砍伐森林，也向大气中释放了相当多的CO₂。
- 作为吸收大气CO₂的主要因素，除大气圈增加CO₂的量外，海洋吸收、北半球的森林生长以及植被的CO₂施肥效应是构成增加的CO₂的主要汇(sink)。此外，还有一部分CO₂去向不明确，这部分CO₂称为CO₂失汇(missing sink)现象。

表2-2 1980-1989年全球CO₂收支情况(10¹⁰ tC/yr)
(引自 Walker & Steffen 1999)

CO₂源	
化石燃料以及水泥生产	5.5±0.5
热带土地利用的变化所产生的净释放	1.6±1.0
人工释放源合计	7.1±1.1
CO₂汇	
大气CO ₂ 浓度的增加	3.2±0.2
海洋吸收	2.0±0.8
北半球森林增长吸收	0.5±0.5
植被CO ₂ 施肥效应	1.0±0.5
氮沉降	0.6±0.3
失汇	0.2±2.0

全球人为温室气体排放量





2.4.3 CO₂的生理生态作用

1) 光合作用的原料

- 植物光合作用所需的CO₂分别来源于叶片与周围空气的交换，叶肉组织呼吸作用的释放以及根部从土壤的吸收的CO₂。
- 其中，主要是叶片与周围空气的交换，根部的吸收仅占全部CO₂来源的1%~2%，并不具有重要意义。在进行光合作用时，CO₂的浓度梯度为外部空气中的CO₂浓度(C_a)、细胞间隙中的CO₂浓度(C_i)以及发生羧化作用处的CO₂浓度(C_x)所决定。
- 而细胞间隙中的CO₂浓度，还要受**线粒体呼吸**(C_{MR})和**光呼吸**(C_{RL})所放出的CO₂影响。正因为如此，所以在光照情况下叶片的CO₂流通量等于净光合作用率。由此也可看出，植物的净光合作用率明显地决定于植物环境中的CO₂浓度。

2) 呼吸作用的底物

- 与光合作用相对应的呼吸作用，不论白天还是黑夜，则需要吸收氧气、放出 CO_2 。因此，在一定时间内，光合作用和呼吸作用这两个过程是互相消长、不断变化的。
- 通常，在白天的大部分时间内，植物吸收 CO_2 的速度总要超过放出 CO_2 的速度。呼吸消耗后剩余的C素，主要用于植物**干物质**的增加、生长及存留。

3) 植物的干物质生产

- 一个种在其生境中的**竞争能力**与该种植物干有机物质的合成有关。起决定作用的不是短暂的光合作用最高值，而是 CO_2 吸收的平均量。例如温带地区，植物的净光合作用的平均值，也仅只有一天内 CO_2 最高吸收量的50%-60%。在24小时内，植物通过光合净吸收的 CO_2 称为 CO_2 交换的日平衡；一年内 CO_2 交换日平衡的总和，称为 CO_2 交换的年平衡。
- CO_2 交换的平衡，首先取决于植物保持高速度吸收 CO_2 的时间的长度，既取决于在同化作用不受霜冻、炎热和干旱妨碍的情况下，一年中植物带叶期内白天的时数。
- 在植物 CO_2 交换过程中，能否取得有效的平衡，这也是决定植物能否生长和分布的因子之一，在 CO_2 交换的平衡还与植株上所有非绿色器官的呼吸消耗有关。

■ 南瓜与紫草竞争占优势 高价值真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

4) 植物的形态建成

- 高CO₂环境下，植物的形态结构也可能会发生变化如根系变粗、中柱鞘变厚、栓皮层变宽等；在高CO₂浓度下受切割刺激后会产生更多的根系，而且根系增长、鲜重增加。
- 一些植物如大豆(*Glycine max*)、白桦(*Betula platyphylla*)等，其根/茎比成倍增加。根系随CO₂浓度改变在数量及形态上的变化，有助于植物在环境胁迫下摄取更多的养分及水分，从而更好地适应高CO₂环境。
- 花的发育对CO₂的反应也很敏感，在1000-1500 μmol mol⁻¹高CO₂下，大部分温室植物开花增多，花的干重增加，座花率提高，落花率减少。

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

中国科学院大学课程

高级生态学

(第4讲)

蒋高明 博士、研究员

中国科学院植物研究所
中国科学院大学教授

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

O₂的作用

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

2.5.1 O₂的发现及其分布

■ O₂的分布

- 氧是地壳中最丰富的、分布最广的元素，它在地壳中的含量为48.6%。单质氧在大气中占21%，水中占88.8%，人体中占65%。
- 地球大气中，氧气的出现与**生物的进化**紧密地联系在一起，现今大气中的氧气几乎全部来源于植物的光合作用。
- 大气是地球上的氧的重要库，全部氧气的含量约有 1.2×10^{15} t，按体积计算，空气中的氧气含量比CO₂高得多。对于陆生植物来说，地上部分总是生存在氧气充足的环境中，在少数例外的情况下，如厚实的器官、粗大的乔木树干以及大的果实等不易为气体透过，才会因扩散阻力过大而发生缺氧。
- 大气中O₂虽不断地用于动物的呼吸、燃烧及其他氧化过程，但由于植物的光合作用能够把CO₂转变成O₂，使大气中O₂的浓度几乎保持不变，约含21%左右。但随着海拔高度的升高，O₂含量不断下降，如在海拔4500 m左右的O₂含量下降到14%左右。

氧气发现的故事

氧气是英国化学家普里斯特勒于1772年发现的。学生时代他参观啤酒厂时，发现有一种能使燃着的木条立刻熄灭的空气，这种空气就存在于发酵车间内盛啤酒的大桶里。因此，他怀疑自然界中是不是存在着好多种空气？

为了弄清这些问题，普里斯特利进行了多种有趣的实验。他点燃一根蜡烛，把它放到预先放有**小老鼠**的玻璃容器中，然后盖紧容器。蜡烛燃了一阵之后就熄灭了，而小老鼠也很快死了。这一现象使普里斯特利联想到，空气中大概存在着一种东西，当它燃烧时空气就会被污染，因而成为不能供动物呼吸，也不能使蜡烛继续燃烧，这是一种“受污染的空气”。用水洗涤“受污染的空气”，结果发现水只能净化一部分被污染的空气，而另一部分未被净化的空气，还是不能供呼吸，老鼠在其中照样要死去。在啤酒发酵、蜡烛燃烧以及动物呼吸时产生的气体，就是早先人们所称的“固定空气”（实则二氧化碳）。对这种“固定空气”的性质做了深入研究，从而得出结论，植物吸收“固定空气”可以放出“**活命空气**”（实则氧气）



Joseph Priestley,
1733-1804

2.5.2 O₂的生态作用

1) 参与生物的分解代谢

- 氧气是通过**扩散**作用进入植物细胞的，扩散的途径和CO₂相似，只是彼此方向相反。
- 在有氧存在的情况下，植物光合产物分解彻底，形成H₂O和CO₂，并放出较多的能量。
- 大分子碳水化合物的分解需要经过许多步骤，整个分解过程中，除放出能量外，还能为合成大多数其他必要产物，如氨基酸、核苷酸、叶卞啉、色素、类胡萝卜素、脂肪等提供碳的骨架。
- 在缺氧的条件下，植物的分解代谢也能进行，但在这过程中光合产物不能完全氧化，以致形成对发育不利的有机物，同时ATP的净生产以及释放的热量亦远远低于有氧状态下的分解代谢。

2) 种子萌发的必需条件之一

- 种子萌发需要三个基本的条件，即充足的水分、充足的氧气和适当的温度。
- 缺氧时，种子内部呼吸作用缓慢，休眠期长。当种子深埋土下时，往往会因缺氧而使其萌发受阻。
- 我国东北地区曾发现过在泥炭中深埋1000多年的古莲子，但当人为处理这些古莲子，使种子获得足够的氧气后，很快又萌发了。

■ 千年古莲的故事

1953年，中国科学院植物研究所古植物研究室徐仁研究员，在野外考察时发现了位于辽宁大连市普湾新区（普兰店五里处）的泥炭土层中发现了北宋(公元1014年，距发现时间939年，距今1001年，可称千年莲子)的果实，发现其依然具有生命活力。起初科学家仅仅得到5粒古莲子，经在实验室内进行了一系列的处理，然后栽入花盆中，发现了其惊人的萌发效果，在潮湿的水土条件下，过了几天便都长出了幼小的荷叶。这是人类发现了植物种子保存最长时间且有生命活力的最长记录。千年古莲绽蕾开花，五粒种子出现了三种颜色，一白，二粉红，三紫红，花瓣与现代的莲荷高度相似。但在如此少的莲花后代中，发现如此多的变异，也是植物学的奇迹之一，可能与常年保存发生了某种基因变异有关。



■ O₂的生态作用

3) 促进植物的根系生长

- 土壤空气氧气的含量在10%以上时，植物的根系一般都不表现出伤害。通常排水良好的土壤，氧气的含量都在19%以上，而且越接近土表，土壤氧气的含量越高。
- 所以陆生植物的根系常集中在上层通气较好的土层中。当土壤空气中氧气低于10%时，大多数植物根的正常生长机能都要衰退；当氧气的含量下降到2%时，这些根就只能维持不死而已。
- 对植物有利的氧气含量都出现在地下水位以上的土层中，因而绝大多数陆生植物根系都被限制在这一土层范围内。在地下水位高的地方，许多植物自然地形成浅根系，根系的改变常给地上部分的生长造成不利影响。

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

土壤的作用

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

2.6.1 土壤及其分布

■ 土壤的分布

- 土壤是各种**成土因素**综合作用下的产物，不同地区形成相应的土壤类型。土壤在地理位置上的分布，既与生物气候条件相适应，表现为广域的水平分布规律和垂直分布规律；也与地方性的母质、地形、水文、地质和成土时间等因素相适应，表现为微域分布规律；同时在耕种、灌溉等人为条件下形成不同类型的土壤。
- 土壤的**纬度地带性**在我国表现为：在东部形成湿润海洋性地带谱，由北向南依次分布着：暗棕壤、棕壤、黄棕壤、红壤、黄壤、砖红壤。
- 土壤的**经度地带性**，在我国由沿海到内陆表现为：干旱内陆性地带谱，由东向西依次分布着黑钙土、栗钙土、棕钙土、灰钙土、荒漠土。在这两个土壤地带谱之间，自东北向西南，则形成一个过渡性地带谱，顺序分布着黑土、黑钙土、栗钙土、褐土、黑垆土。
- 山地土壤由于海拔高度不同而呈现出**垂直地带性分布**。

■ 土壤的物理性质 (1)

- 土壤的基本物理性质是指土壤质地、结构、容量、孔隙度等。这里着重讨论土壤的质地、结构性质，并由此引起的土壤水分、土壤空气和土壤温度的变化规律，这些都能对植物根系的生长和植物的营养状况及土壤动物生活状况产生明显的影响。

1) 土壤质地与结构

- 土壤是由固体、液体和气体组成的三相系统，其中固相颗粒是组成土壤的物质基础，它约占土壤全部重量的85%以上，是土壤组成的骨干。土壤的固、液、气三相中，液、气两相都受固相颗粒的组成、特性及其排列状态的影响。
- 根据土壤颗粒直径的大小可把土壤分为粗砂(2.0-0.2 mm)、细砂(0.2-0.02 mm)、粉砂(0.02-0.002 mm)和粘粒(0.002 mm)。这些大小不等的矿物质颗粒，称为土壤的机械成分，机械成分的组合百分比即称为**土壤质地**。根据土壤质地可把土壤区分为砂壤、壤土和粘土三大类型。

■ 土壤的物理性质 (2)

1) 土壤质地与结构

- 土壤结构是指土壤固相颗粒的排列形式、孔隙度以及团聚体的大小、多少以及稳定的程度等物理构成。这些都能影响土壤中固、液、气三相的比例，并从而影响土壤供应水分、养分的能力，通气和热量状况。
- 土壤结构可分为微团粒结构(直径小于0.25 mm)、团粒结构(0.25-10 mm)、块状结构、核状结构、柱状结构、片状结构等六种，其中以团粒结构最为重要。团粒结构是土壤中的腐殖质把矿质土粒相互粘结成0.25-10 mm的小团块，具有泡水不散的水稳定性特点，常被称为水稳定性团粒。
- 无结构和结构不良的土壤，土体坚实、通气透水性差，植物根系发育不良，土壤微生物和土壤动物的活动亦受限制。

2.6.2 土壤的性质

■ 土壤的物理性质

2) 土壤水分

- 土壤水分主要来自降雨、降雪和灌水。土壤水分的适量增加有利于各种营养物质的溶解移动，有利于土壤中有有机物的分解和合成，也有利于磷酸盐的水解和有机态磷的矿化，这些都能改善植物的营养状况。
- 此外，土壤水分还能调节土壤的温度，灌溉防霜就是这个道理。但水分太多或太少都对植物、土壤动物和土壤微生物不利。
- 土壤干旱不仅影响植物的生长，土壤水分过多会使土壤中通气不良，同时还造成营养成分的大量流失，这些都对植物的根系和好氧性土壤微生物的生长不利。土壤孔隙内充满了水对土壤动物的生存有重大影响，常可使动物因缺氧而死亡。

3) 土壤空气

- **土壤空气**基本上来自大气，还有一部分是由土壤中的生化过程产生。土壤空气的组成：80%是 N_2 ，20%是 O_2 和 CO_2 。
- 由于土壤中生物(包括微生物、动物和植物根系)的呼吸作用和有机物的分解，不断消耗 O_2 ，释放 CO_2 ，所以土壤空气的成分与大气的有所不同。例如土壤空气中的含氧量一般只有10%至12%，但 CO_2 含量则在0.1%以上。
- 土壤空气中各种成分不如大气稳定，经常随季节、昼夜和土壤深度而变化。在土壤板结和积水、透气不良的情况下，土壤中的氧气含量可低到10%，这就会抑制植物根系的呼吸，进而影响整个植物的生理机能，动物则可通过垂直移动来选择适宜的呼吸条件。

4) 土壤温度

- 土壤的**热量**主要来自太阳能。由于太阳辐射强度有周期性的日变化和年变化，所以土壤温度也具有周期性的日变化和年变化。
- 土壤表面在白天和夏季受热，温度最高，这时有从热量土壤表面向深层输送。夜间和冬季土表温度最低，这时有热量从土壤深层向土壤表面流动。但土壤温度在30-100 cm以下无昼夜变化，30 m以下则无季节变化。
- 土壤温度除了能直接影响植物种子的萌发和扎根生苗外，还对植物根系的生长和呼吸能力有很大影响。大多数作物在10°C-35°C的范围内随着土壤温度增高，生长也加快，这是因为随着土壤温度的增加，根系吸收作用和呼吸作用也增加，同时物质运输加快，细胞分裂和生长速度也随之而增。

■ 土壤的化学性质

1) 土壤酸碱度

- 土壤酸碱度是土壤化学性质，特别是盐基状况的综合反映，它对土壤的肥力性质、微生物活动、有机质的分解和合成、营养元素的转化与释放等都有很大影响。可通过调节矿质盐分溶解度来影响养分有效性。

2) 土壤有机质

- 包括非腐殖质和腐殖质两大类。非腐殖质是动、植物的死组织和部分分解组织。腐殖质是土壤微生物分解有机质时，重新合成的具有相对稳定性的多聚体化合物。腐殖质可占有有机质的80~90%。
- 土壤有机质对植物十分重要，因为它是植物矿质营养的重要来源，并可增加元素的有效性；土壤有机质还可改善土壤物理、化学性质，促使团粒结构形成，使水、气、热条件好；促进植物的生长和养分吸收。

3) 土壤矿质元素

- **土壤矿质元素，土壤中含有大量植物必须的矿质元素，如C、H、O、N、P、K、S、Mg、Ca、Fe、Cl、Mn、Zn、B、Cu、Mo等16种元素。**
- **其中7种元素(Fe、Cl、Mn、Zn、B、Cu、Mo)植物需要量极微，稍多即发生毒害，故称为微量元素(minor element, microelement或trace element)。**
- **另外9种元素(C、H、O、N、P、K、S、Mg、Ca)植物需要量相对较大，称为大量元素(major element或macroelement)。**

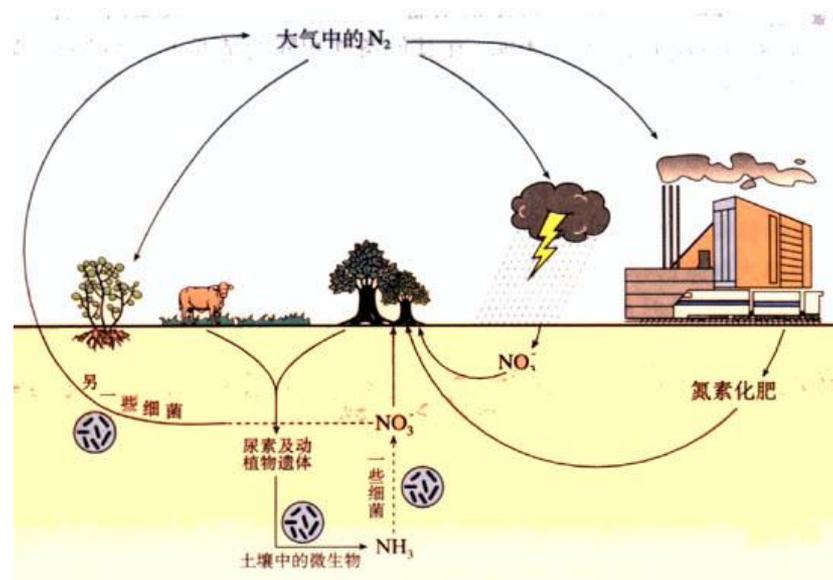
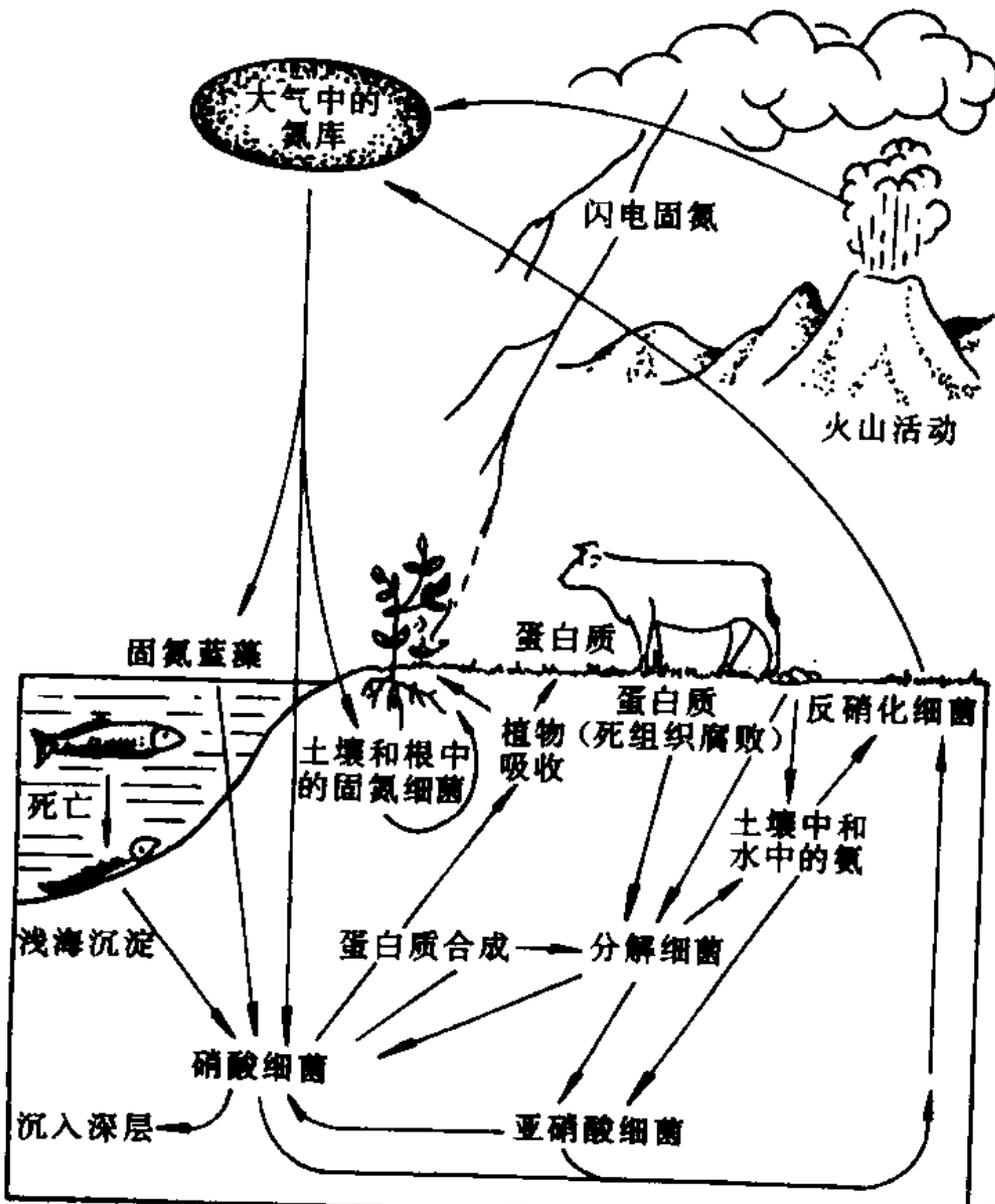
2.6.3 土壤的生态作用

1) 机械支持

- 土壤是岩石圈表面能够生长植物的疏松表层，是陆生植物生活的基质。土壤为植物提供必须的营养和水分，作为一种重要的环境因子，它为植物根系提供赖以生存的栖息场所，起着将植物固定的作用。
- 除了以土壤为生长基底的植物外，重要土壤生物如细菌、真菌、放线菌、藻类、原生动物、轮虫、线虫、软体动物、节肢动物等，它们的存在对植物的生长也起着重要的作用。
- 不同的植物生长在不同的土壤上，在裸露岩石上，只有地衣、苔藓类植物能够生存。粘土含水量高，一些耐湿的植物喜欢在那里“安营扎寨”，生根开花。大多数植物无法耐受碱性土壤，但许多豆科植物却喜欢在那些地方“落户”，而且长得根深叶茂。

2) 提供**矿物质**

- 植物从土壤中吸收的矿质元素来源于矿物质和有机物质的矿物分解过程。植物对元素的需求量有最适范围，缺少和过多均属于胁迫。
- 植物需求的不仅是某种元素绝对的量，而且还在于各种元素的相对关系，即比例。在合适的比例时植物的生长发育最好。
- 植物通常有主动吸收能力，选择性地吸收、富集，逆浓度梯度而吸收离子。不同元素含量的土壤分布着不同植物。如果某些元素含量异常高，生长有特殊植物，就可将其作为指示植物；如果某些元素极端缺乏则使植物无法生存，如澳大利亚的大面积草地以前缺乏硒，几乎寸草不生，施肥后成为水草肥美的牧场。



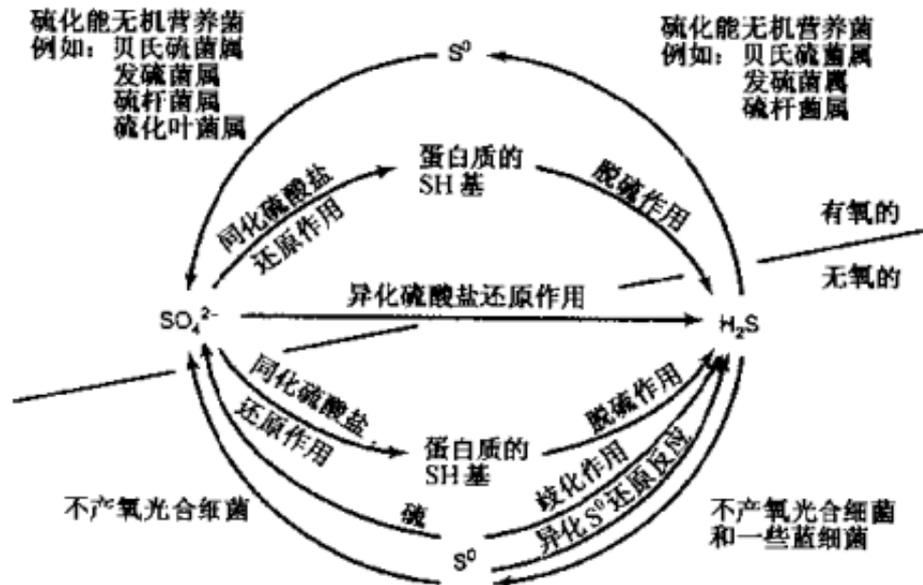
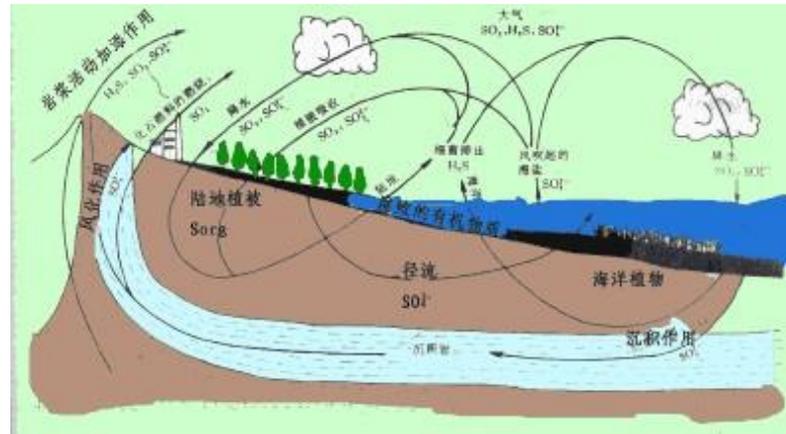


图 8-3 硫素的生物循环

3) 提供水分

- 植物的一切正常生命活动，只有在一定的细胞水分含量的状况下才能进行。
- 植物不断地从环境中吸收水分，以满足正常生命活动需要。陆生高等植物主要依靠根系从土壤中吸收水分，根系吸水主要靠根压(root pressure)与蒸腾拉力(transpirational pull)。
- 土壤水溶液—植物根尖根毛、根部皮层、茎木质部、分枝、花叶果等组成一个水势梯度差异的连续体，保证了植物水分延水势梯度供应。

4) 对植物分布的影响

- 在特定的气候条件下，土壤决定植物的分布。例如在酸性土壤上分布有酸性土植物铁芒萁(*Dicranopecris linearis*)；在海滨分布有碱地植物如翅碱蓬(*Suaeda auxtralis*)等；在含盐量较高的土壤中分布有盐生植物猪毛菜(*Salsola arbuscula*)等；在沙质土壤上分布有沙生植物油蒿(*Artemisia ordosica*)等。
- 我国著名生态学家侯学煜先生最早注意到**植物分布与土壤**的关系，指出植物群落不是单纯取决于气候，土壤因素具有同等重要性，提出了指示植物的概念。美国著名植物生态学家R.H.Whittaker(1951)在美国《生态学评论》(Ecological Monograph)上发表的“评论植物组合和顶极概念”(A Criticism of Plant Association and Climax Concepts)一文中将侯学煜观点归结为**土壤顶极**学派。