



---

# 第六章 养地制度

---



# 农田土壤管理的内容

## 目的

- 农田养分管理
- 农田水分管理
- 农田保护

达到

1. 改善和保持良好的土地状况，改良土壤物理性质，保持良好的结构；
2. 建立良好的土壤有机质状况，保持有机质平衡；
3. 保持土壤养分平衡，保证各种养分充分、协调供应，既要保证作物各个生长阶段的养分需要，又要保证作物持续增产的需要；
4. 保持农田水分平衡，保证适宜的水分供应；
5. 保持良好的农田生态环境。



---

# 第一节

## 农田土壤培肥

---



# 一、养地制度

---

## 1、养地制度的概念

- **养地制度：**是与种植制度相适应的以养地为中心的一系列技术措施体系，它包括农田建设、农田培肥、农田保护等方面，其中心目的是提高土地综合生产能力。
  - 人类活动的双重性：
    - 提高地力，良性循环；
    - 破坏地力，恶性循环。
-



## 2、养地的途径

---

- ◆ 养地主要包括两条途径：
    - ◆ 一是增加肥力因素，
      - ◆ 主要靠农田培肥、农田灌溉来实现；
    - ◆ 二是改善肥力条件，
      - ◆ 主要由土壤耕作来完成。
  - ◆ 两者关系紧密相连不可分割。
-



## 二、 农田土壤培肥

---

### (一) 土壤肥力

#### 1、土壤肥力的概念

**土壤肥力：**土壤能经常适时供给并协调植物生长所需要的养分、水分、空气、温度、支撑条件和有无毒害物质的能力。

- **俄罗斯：**植物在生活的全过程，土壤能同时不断地供给植物以最大量有效养分和水分的能力。
  - **美国土壤学会：**是供应植物所必需养料的能力。
-



## 2、土壤肥力的特点

---

- 土壤肥力是土壤的属性，也是区别于自然界其他任何物质的本质特征。
  - 肥力是土壤的本质，是土壤为植物生长提供并协调营养条件及环境条件的能力。
  - 自然肥力、人工肥力
  - 潜在肥力、有效肥力
-



## (二) 地力（土壤生产力）

---

### 1、地力的概念

- 地力：在特定的种植制度和气候条件下，由土壤物理、化学、生物特性与作物生长相适应而具有的生产能力。
    - 除了水、肥、气、热诸肥力因素外，把土壤特性与气候、作物的适应性联系起来，构成土壤—气候—作物系统，这就强调了地力的综合性、可培育性和可控性。
    - “近代经济学和农学角度，认为地力是比土壤肥力更为广泛、更具综合性的概念。” **地力是农田培肥的调控中心。**
-



## 2、地力包括两个方面的含义

---

第一，地力要通过作物生产来反映，同时受众多因素制约；

第二，地力是在人为控制和管理下实现的，是自然与人为干预综合作用的结果。

可见，地力不只是土壤的自然肥力，更重要的是人为肥力。

---



### 3、地力与土壤肥力的区别

---

地力与土壤肥力既有共同点，也有不同意义。

- 共同点在于二者均具有能够生长植物的能力；
  - 不同之处在于，地力仅限于农田，是自然土壤长期经人类耕种后形成的生产能力。
-



## 4、地力的评价

---

- ◆ 地力评价是**估价农田**的生产能力、适宜性以及地力发展变化特征过程，是建立合理农田培肥制度的基础。
  - ◆ 地力评价要**客观顺映**地力的基础条件，地力因素的相互关系和限制地力的障碍因素。
  - ◆ 在评价方法上定性、定量的方法都是重要的，二者结合采用效果更好。
-



## (1) 潜力评价

---

潜力评价是通过建立气候-土壤-作物间相互作用的数学模型，来研究一定条件下的土地生产潜力，大体上包括3个方面：

- ◆ 以气候因素为主的评价：
- ◆ **以土壤为主的评价**：主要通过诸肥力因素的相关分析，利用土壤生产力指数模型、土壤潜力率、土壤养分生产潜力等方法研究在一定气候背景下的土壤生产潜力。
- ◆ **综合评价**：加拿大莫斯（Moss）等人将**气候生产潜力与土壤生产潜力相结合**，进行土地生产潜力评价，之后发展成为将气候、土壤、作物相结合而进行潜力评价

$$\text{土地生产潜力} = \text{气候生产潜力} \times \text{土壤特性指数} \times \text{作物特性指数}$$

---



## (2) 适宜性评价

---

- ◆ 不同地力条件对作物生产的适宜特性和适宜采取培肥措施的技术特性不同。
  - ◆ 分析不同地力条件能栽培什么作物，应该采取什么样的培肥措施等等。
  - ◆ 依据土壤理化、生物状况分析和作物的生理生态特性分析，为因土种植的制定提供技术依据。
  - ◆ 将农田培肥措施协调统一起来，为作物生产创造良好的地力环境。
  - ◆ 在较大地域内，适宜性评价为确定宏观的作物布局提供技术依据。
-



### (3) 效益评价

---

- ◆ 主要通过**技术、经济、生态**的方法评价地力的经济和生态效益，分析农田培肥的技术**经济效果、生态效果与合理性**，包括地力的投入产出分析、地力平衡分析、物质能量循环转化分析、农田培肥措施的技术分析等。
  - ◆ 此类评价为判定科学有效的农田培肥体系提供技术依据，用来指导现代化的物质、能量和技术投入的量化问题。
-



## 5、不同种植制度下地力变化

- 自然植被下的变化

自然情况下，肥力状态变好。

撂荒地上地碳、氮变化（英国洛桑试验站）

| 土层<br>cm | C (%) |      | N (%) |       |
|----------|-------|------|-------|-------|
|          | 1881  | 1964 | 1881  | 1964  |
| 0-23     | 0.98  | 2.79 | 0.107 | 0.260 |
| 23-46    | 0.59  | 0.81 | 0.078 | 0.098 |



---

- **新开垦耕地**

一般规律是土壤有机质和养分迅速下降。

- **常规地（成熟耕地）地力变化**

常规地与新开荒地大不相同，有机质分解较慢，有些已经开垦千百年的常耕地已达到稳定状态，肥力状况决定与投入和输出的平衡状态。

---

---

## ●多熟制下的养分动态

一方面，产量增加，从农田中带走的物质增多，如果耕作栽培措施失调，会造成生态系统和物质平衡遭到破坏。

另一方面，多熟高产本身留给土壤的作物根茬以及可能直接间接归还土壤的有机物增多，同时多熟制往往需要充足的水肥和管理，使土壤环境条件不断改善，水肥气热矛盾不断得到调节。

---



## 三、土壤有机质（生物碳）

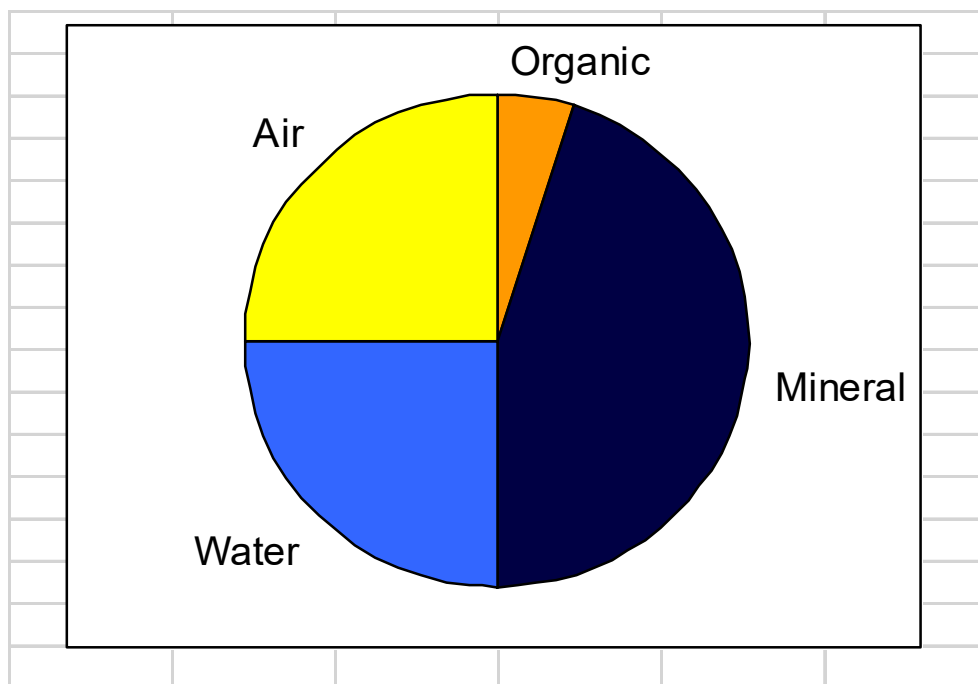
---

有机质的来源、类型及组成

土壤有机质的转化

有机质的作用及调节

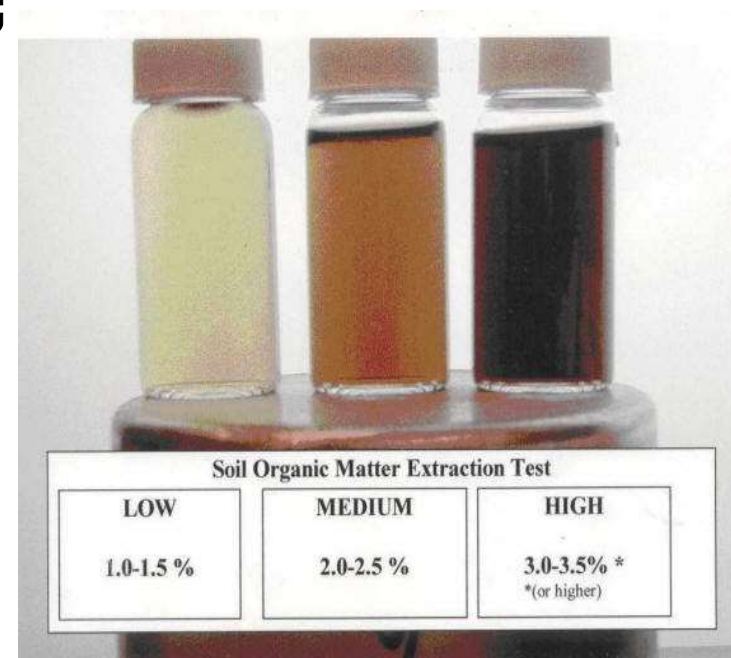
---



- 土壤有机质是土壤固相的重要组成部分；
- 在一般土壤中，有机质含量在5%以下；
- 对土壤肥力具有极其重要的意义。

# (一) 主要来源

- 一般土壤：
  - ➔ 生长在土壤中的高等绿色植物残体；
  - ➔ 土壤中的动物和微生物。
- 农业土壤：
  - ➔ 施入的有机肥料；
  - ➔ 作物的残体及根系分泌物。
- 其中进入土壤的植物残体是最主要的来源。





## (二) 存在形态

---

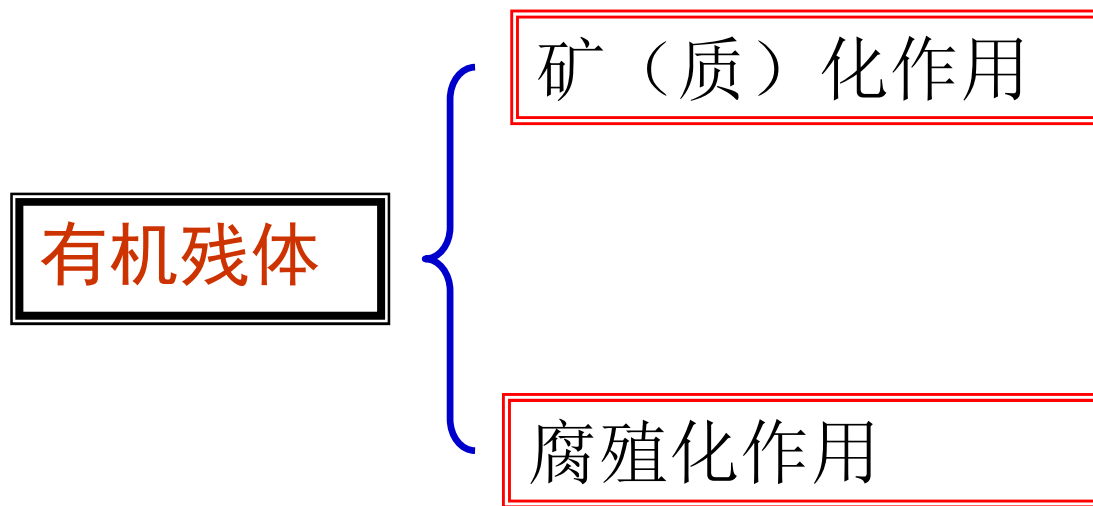
- Residue (残体) of life
    - Living
      - Roots
      - Earthworms and insects
      - Microorganisms
    - Dead
      - Fresh plant residues
      - Recently deceased (死亡的) soil organisms
      - Active organic matter
    - Very Dead
      - Well decomposed (腐解的) organic materials
      - Humus (腐殖质)
-



### (三) 土壤有机质来源物的组成成分

---

- 植物残体含水量一般在**60-90%**;
  - 干物质中，**90%**以上为**C**，**H**，**O**三元素，**N**和灰分元素约占**8%**;
  - 植物残体的有机化合物包括：
    - 碳水化合物，约占干物质的**60%**;
    - 脂肪、腊质、鞣酸等，**1-8%**;
    - 木质素：**10-30%**;
    - 蛋白质：**1-15%**;
-





# 附一：有机质的矿化作用

---

## （一）矿化作用的概念

有机物质在微生物的作用下分解成无机营养元素的过程。

## （二）矿化作用的意义

1. 为作物生长释放出了营养元素——有效化过程。
2. 为腐殖质形成提供了基本材料，成为腐殖化的前提。

## （三）矿化率：

每年因矿化而消耗的有机物质量占土壤有机质总量的百分数。

矿化率作为土壤矿化快慢的指标。一般土壤年矿化率为1%左右。

---



## 附二：土壤腐殖化作用

---

**（一）腐殖化概念** 有机物质在分解转化过程中，又重新合成腐殖质的过程。

腐殖化过程也就是有机碳从**一种有机碳形式转化为另一种有机碳形式**，也叫有机碳的周转。它是一种极端复杂的生物过程。

**（二）土壤腐殖化过程**——腐殖质的形成过程

腐殖化过程是以微生物为主导的生物和生化过程，还有一些纯化学过程。

**（三）腐殖化系数**：加入单位有机物质土壤后所产生腐殖质的斤数（一般指一年以后）。

腐殖化系数大小不仅取决于**有机物质品种本身**，也取决于各种**环境条件**：旱地土壤腐殖化系数一般在0.20~0.30，而水田则为0.25~0.40之间。

---



# 附三：土壤腐殖质组成



## 1、非腐殖物质：微生物的代谢产物

(1) 碳水化合物：多糖、糖醛酸、和氨基糖组成。主要来源于植物残体和根系分泌物。含量占有机质总量**15~27%**。其中多糖是主体。

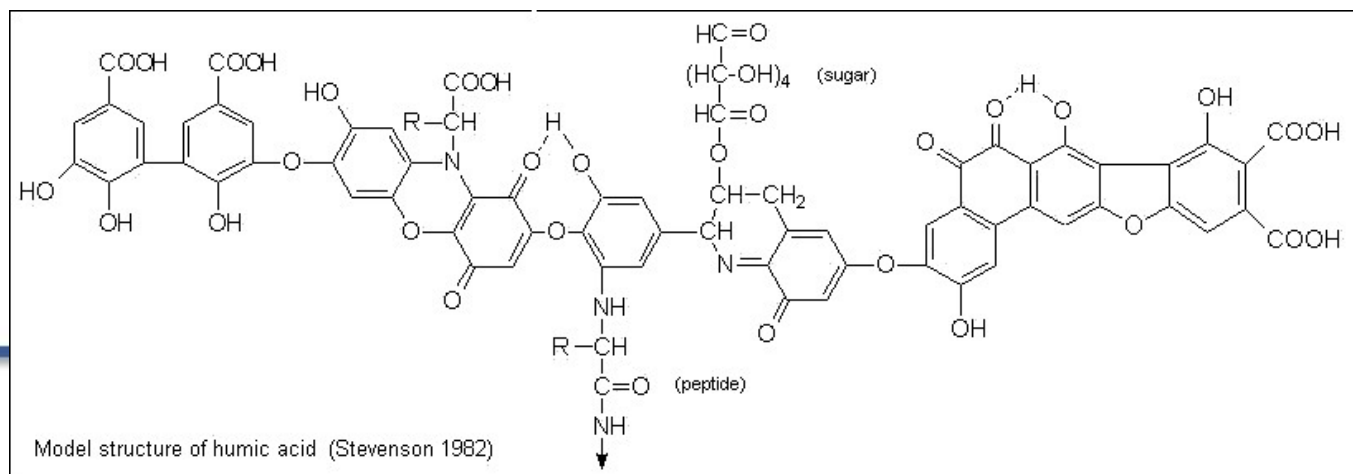
(2) 含氮化合物：主要来源于生物残体中含氮化合物，其中主要形式为蛋白质、缩氨酸。易于分解成氨基酸。占的量不高。

## 2、腐殖物质

【概念】有机物质在微生物作用下分解转化成一种特殊的、高分子、暗色的有机物质。

腐殖物质是在土壤中形成的一类特殊的化合物，**结构复杂，性质稳定、存留时间长、和无机矿物颗粒密切结合在一起。**占有有机质总量的50-90%。基本上与盐基离子形成各种腐殖酸盐。

中心连接了许多支链化合物的复杂结构：





### 3、元素组成

腐殖酸主要由碳、氢、氧、氮、硫等元素组成。

一般以腐殖质分子的平均含碳量为58%作为有机碳和腐殖质的换算系数（ $1.724=100/58$ ）。C/N=10:1-12:1, 褐腐酸大于黄腐酸

我国土壤腐殖酸的元素组成（南京土壤研究所）

| 腐殖酸 | C (%) | H (%)   | (O+S) (%) | N (%)   | 分子量      |
|-----|-------|---------|-----------|---------|----------|
| 胡敏酸 | 50~60 | 3.1~5.3 | 31~40     | 2.8~5.9 | 890~2550 |
| 富里酸 | 45~53 | 4.0~4.8 | 40~50     | 1.6~4.3 | 675~1450 |



## (四) 土壤有机质在耕地上的作用

---

### 1、提供植物需要的养分

- (1) 碳素营养：碳素循环是地球生态平衡的基础。
  - (2) 氮素营养：土壤有机质中的氮素占全氮的90-98%
  - (3) 磷素营养：土壤有机质中的磷素占全磷的20-50%
  - (4) 其他营养：K、Na、Ca、Mg、S、Fe、Si等营养元素。
  - (5) 腐殖酸的络合和螯合，防止了某些金属如Cu、Zn沉淀，提高了有效性。
  - (6) 有机酸促进了矿物风化、溶解释放其养分
-



## 2、改善土壤肥力特性

---

### (1) 物理性质

- ① 促进良好结构体形成（胶结剂——胡敏酸—多糖）
  - ② 降低粘性、胀缩性和可塑性，改善土壤耕性；
  - ③ 降低土壤砂性，提高保蓄性；
  - ④ 促进土壤升温。
    - a. 进入土壤的植物组织；
    - b. 腐殖质黑色有利于吸热增温；
    - c. 导热性较大。
-



## 2、改善土壤肥力特性

---

### (2) 化学性质

- ① 影响土壤的**表面性质**
  - ② 影响土壤的**电荷性质** - 可变电荷
  - ③ 影响土壤的**保肥性**
  - ④ 影响土壤的**络合性质**
  - ⑤ 影响土壤的**缓冲性**（弱酸和弱酸盐）
-



## 2、改善土壤肥力特性

---

### (3) 生理性质

- ① 影响根系的生长
  - ② 影响植物的抗旱性(增强了细胞渗透性和刺激根系下扎)
  - ③ 影响植物的物质合成与运输
  - ⑤ 药用作用。
-



## (五) 有机质在生态环境上的作用

---

### 1、有机质对重金属污染的影响

腐殖酸是重金属离子的络合剂。

### 2、有机物质对农药污染的影响

褐腐酸可使残留在土壤中的某些农药如D. D. T、三氮杂苯等溶解度增大，加速淋出土体。减少对农作物危害。

### 3、土壤有机质对全球碳平衡的影响

### 4、对环境不良影响

还原气体的产生 $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 等。

---



## (六) 土壤有机质的管理

---

### 1、提高土壤有机质含量的原则

#### ① 生态平衡原则

- 土壤有机质含量一般是相对稳定的；
- 在特定的气候带、植被条件下，土壤有机质积累到一定数量时，将保持较稳定的数值；
- 有机质含量下降要比提高快。（东北黑土开垦后退化）

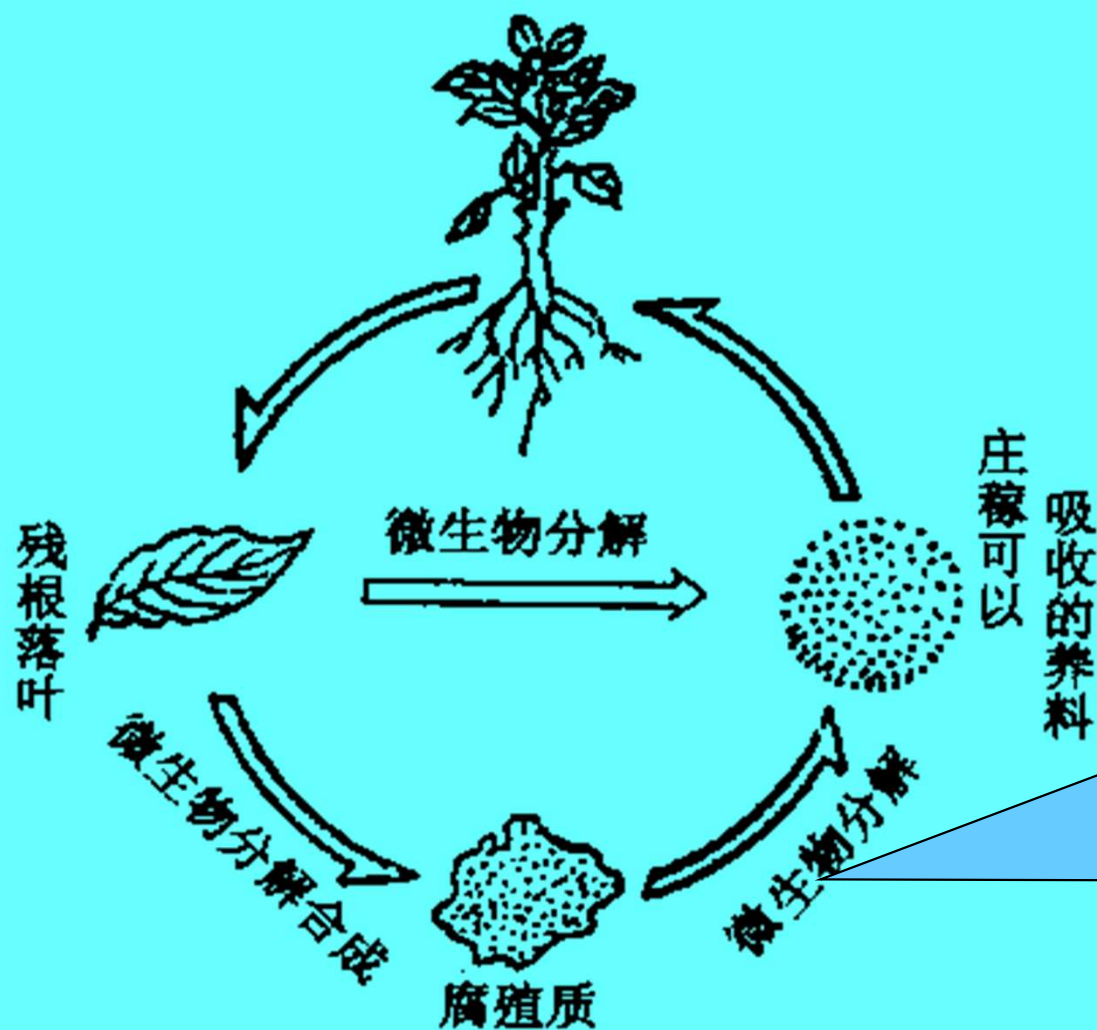
#### ② 经济原则

超量使用有机肥或其它大量的有机物质是不现实的、更是不经济的，必须按照经济原则培肥土壤。

（有机无机并重）

---

# 土壤有机质（碳）的动态平衡



土壤有机质含量并非可以无限提高，在稳定的生态系统中最终达到一个稳定值。



## (六) 土壤有机质的管理

---

### 2、提高有机质含量的措施

#### ① 施用有机肥

主要的有机肥源包括：

绿肥、粪肥、厩肥、堆肥、沤肥、饼肥、蚕沙、鱼肥、河泥、塘泥、有机和无机肥料配合施用。

#### ② 种植绿肥    田菁   紫云英   紫花苜蓿等

□ a. 休闲绿肥    b. 粮肥间套

□ c. 因地制宜、充分用地、积极养地、养用结合

---



田间麦秸堆腐还田

## 2、提高有机质含量的措施

### ③ 秸秆还田

- 要注意秸秆的C/N比、破碎度、埋压深度以及土壤墒情、播种期远近、化肥施用量等。

### ④ 土壤调控技术措施

- 调解土壤湿度和通气性
- 温度：中耕松土（锄头下边有肥）
- 土壤pH
- 土壤C/N比





## 四、农田物质循环与养分平衡

---

### 1、农田生态系统的物质循环是开放型的

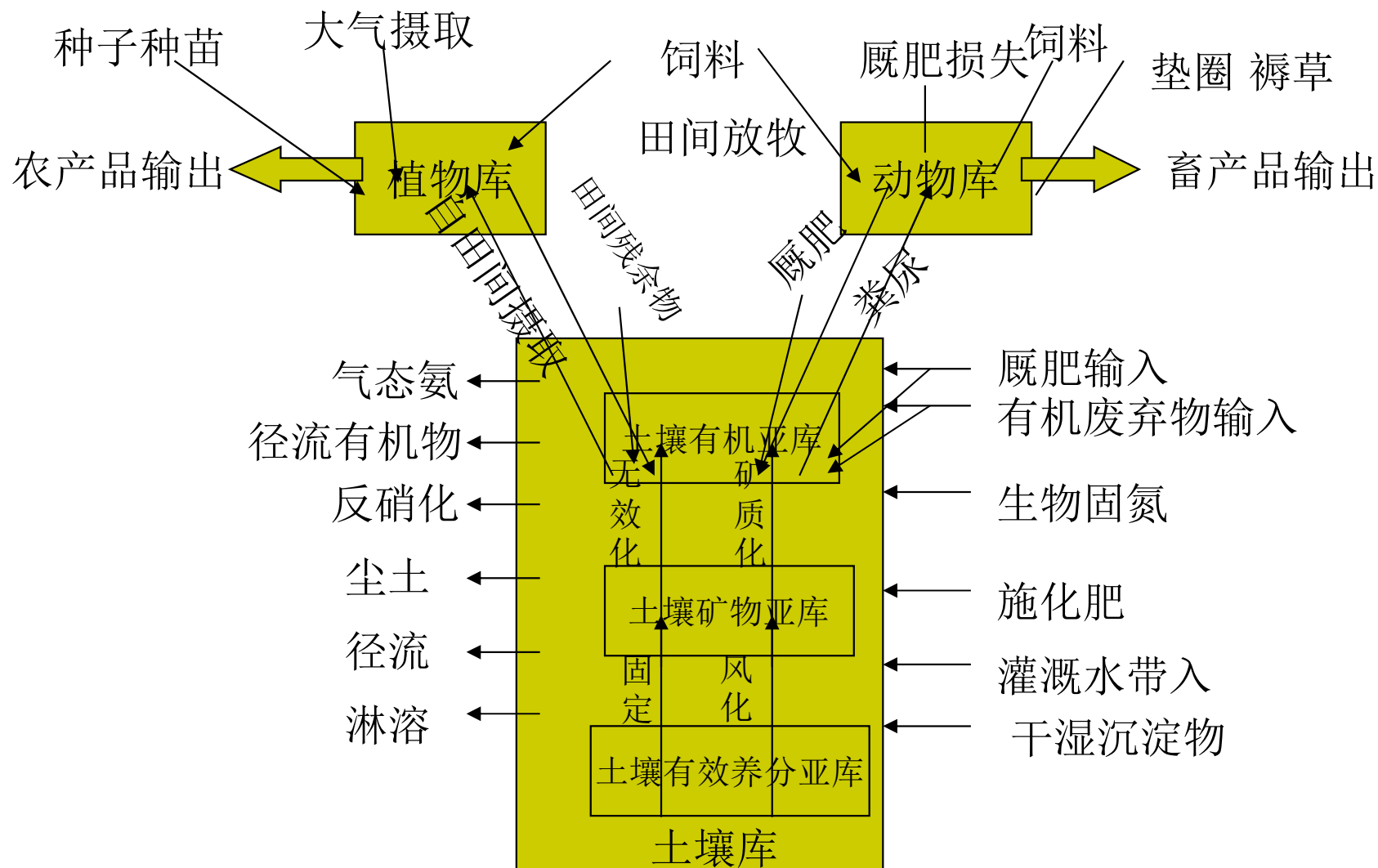
#### ● 输入：

- 1) 有机肥料和矿质肥料；
- 2) 降水；
- 3) 土壤矿质分解；
- 4) 生物固氮；
- 5) 根系和残茬归还；
- 6) 尘埃的沉降；
- 7) 播种或幼苗移栽

#### ● 输出：

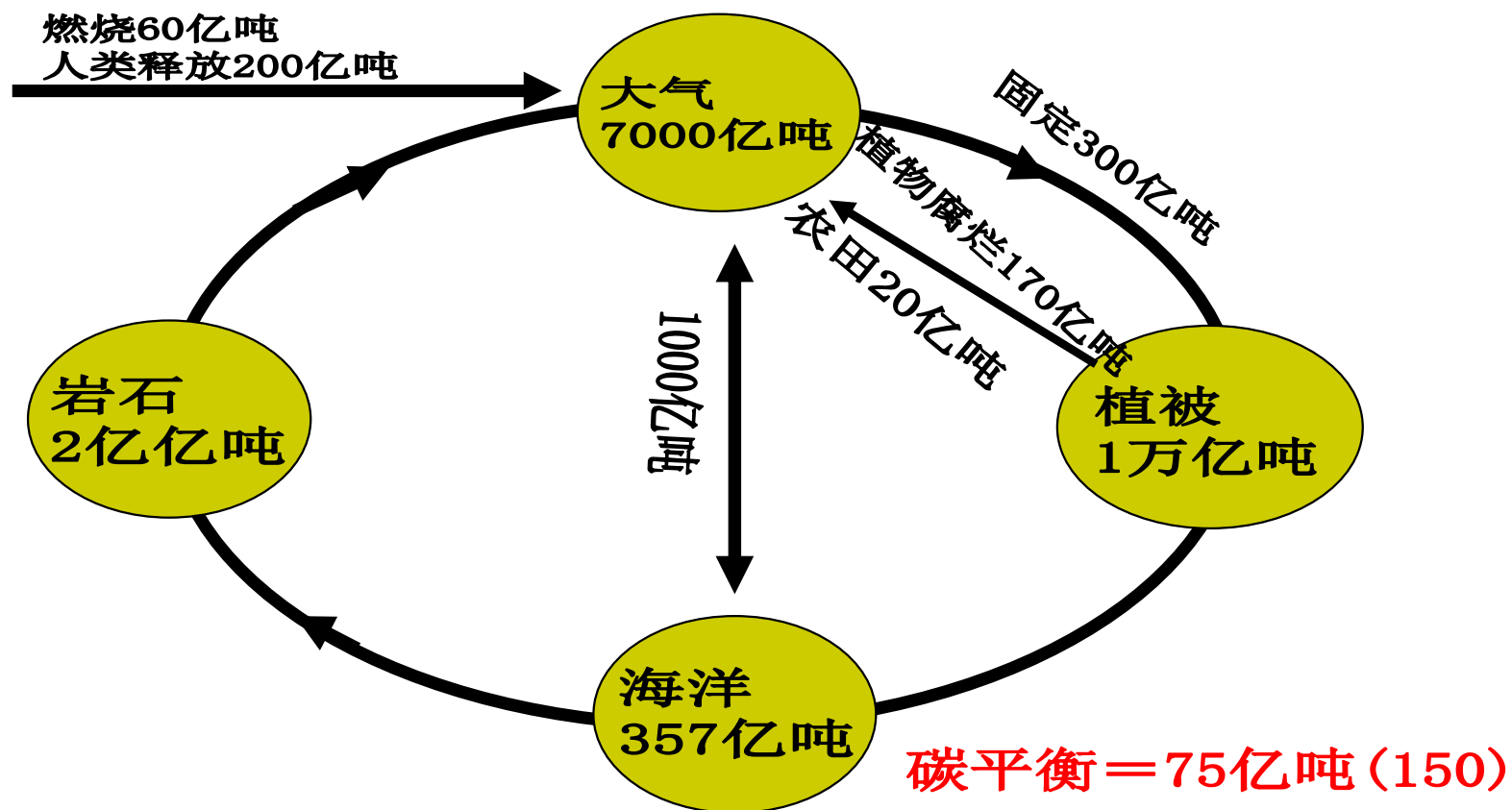
- 1) 收获物对养分的移出；
  - 2) 土壤的淋失；
  - 3) 土壤的冲刷；
  - 4) 挥发；
  - 5) 土壤固定
-

## 2、农田养分循环流动



# 几种重要的物质循环

## 1. 碳循环

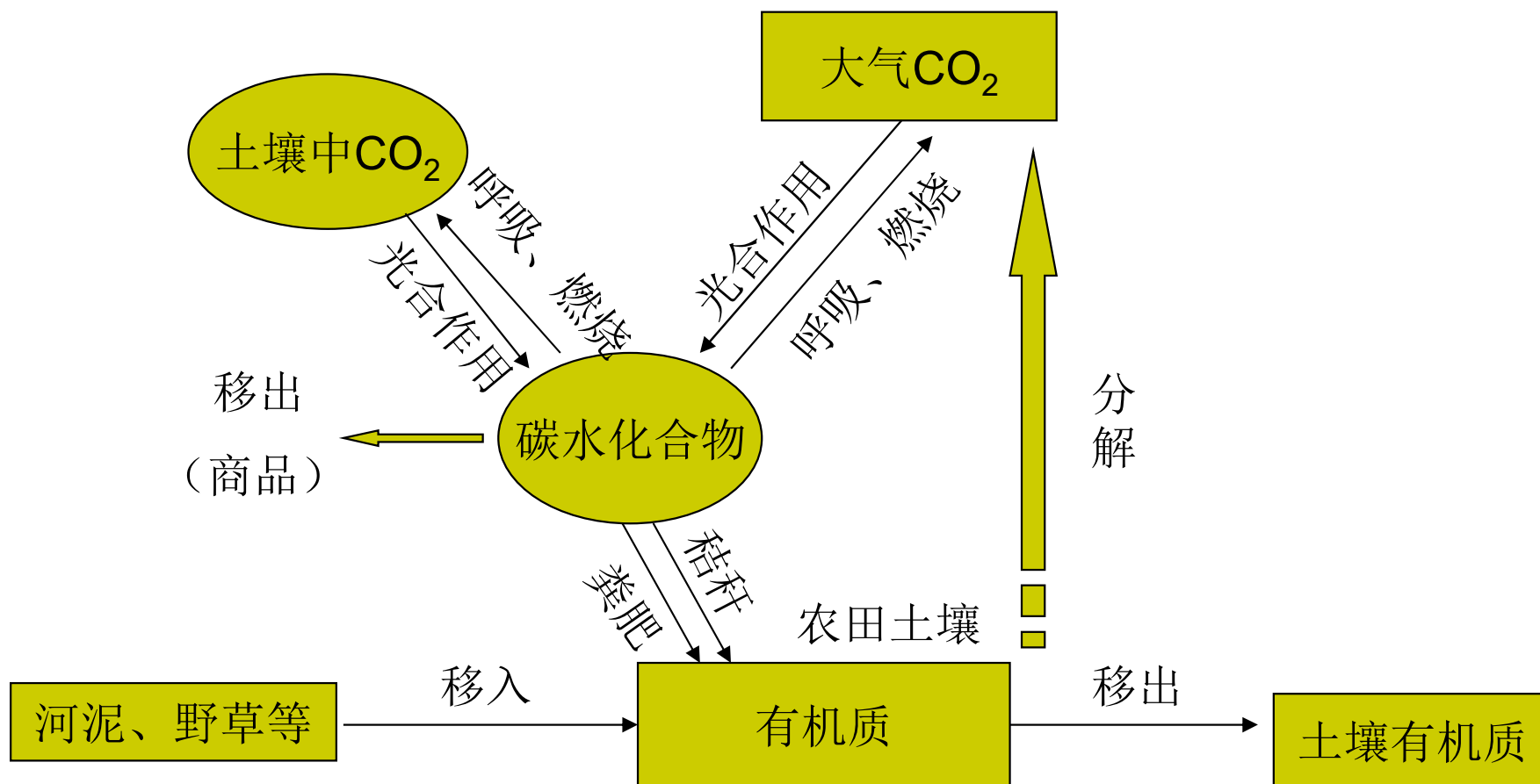




# 碳循环与平衡

---

- 总量无限，直接进入食物链，快、均匀、充足，大气二氧化碳年增1ppm。
  - 气态型循环，植物通过光合作用固定大气中的 $\text{CO}_2$ 和小部分土壤中释放出来的 $\text{CO}_2$ ，形成有机质，然后又通过动植物残体与排泄物再施入土壤经微生物分解，释放 $\text{CO}_2$ ，回到大气。
  - 输入：秸秆、根茬、落叶及各种有机肥
  - 输出：有机质分解
-

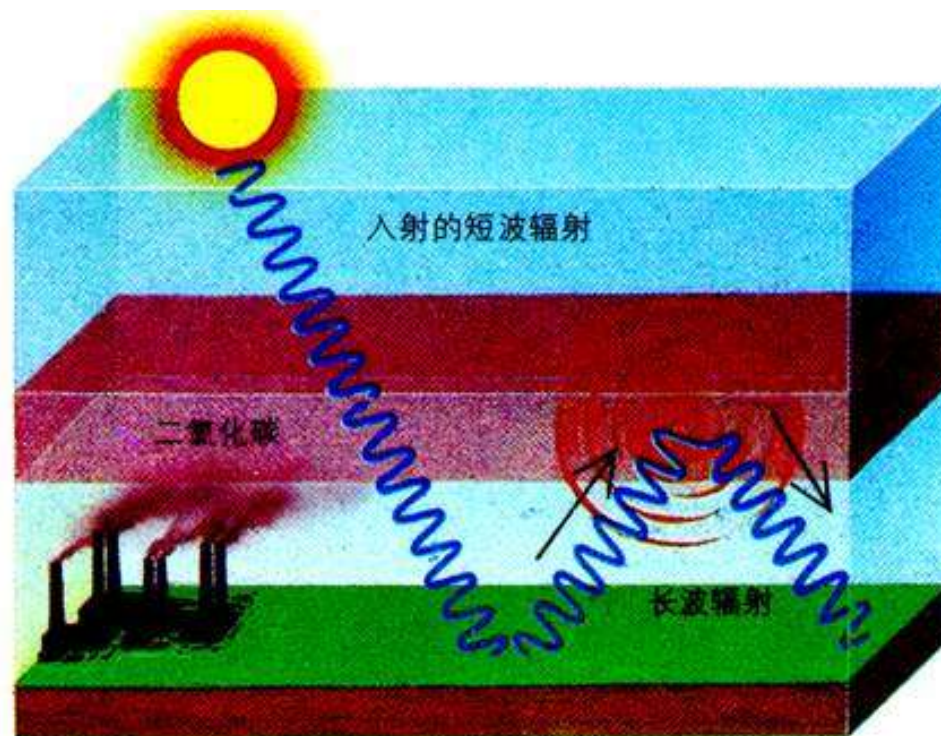


# 温室效应



指透射阳光的密闭空间由于与外界缺乏热交换而形成的保温效应。

【含义】太阳短波辐射可以透过大气射入地面，而地面增暖后放出的长波辐射却被大气中的二氧化碳等物质所吸收，从而产生大气变暖的效应。





# 解决对策

---

- 全面禁用氟氯碳化物
  - 保护森林的对策方案
  - 采用清洁能源（风能、太阳能），提高能源利用效率
  - 对石化燃料的生产与消费，依比例课税
  - 开发新能源
  - 采用保护性的农业技术措施
  - 实行碳贸易政策等
-



## 2. 氮循环

---

- ① **人工固氮**：通过工业手段，将大气中的氮合成氨或铵盐，供植物利用；
  - ② **非生物固氮**：雷雨、闪电产生的电离作用，能将大气中的氮氧化成硝酸盐，随降雨过程进入土壤，以及火山喷发出的岩浆所固定的氮，植物吸收这些进入土壤的氮；
  - ③ **植物固氮**：寄生的豆科植物和其他少数高等植物根部的**根瘤固氮菌**具有固定大气中的氮的能力。
-

- 总量无限
- 生物小循环为主
- 半气相型
- 进入食物链需耗能

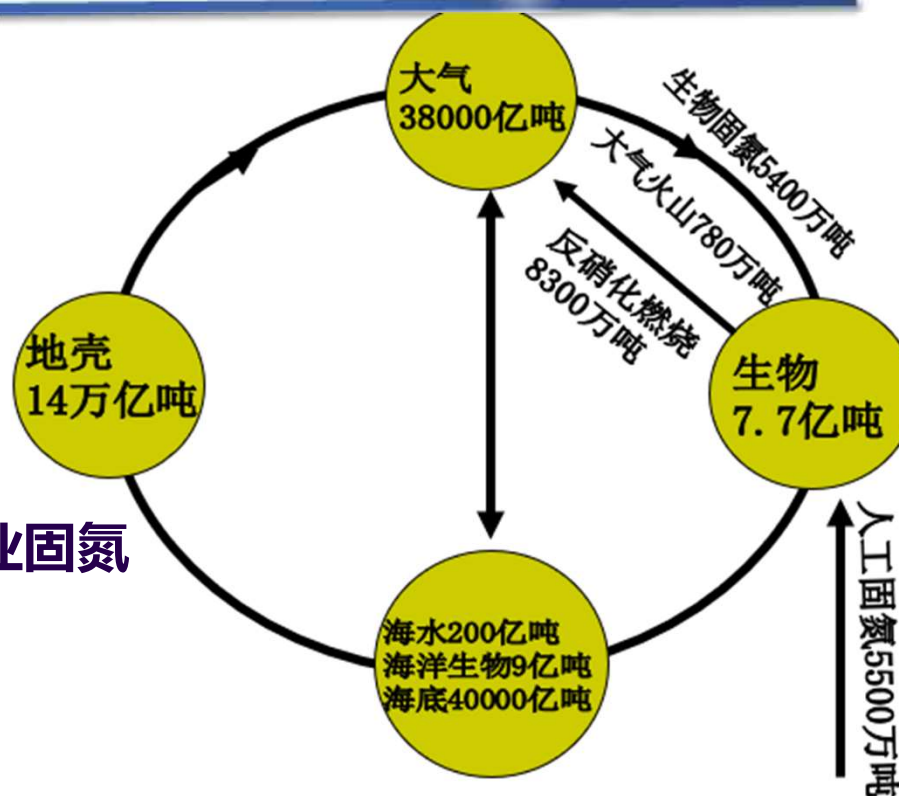
生物固氮、闪电和宇宙射线、工业固氮

- 生物小循环

耗散就是耗能

- 过量投入

污染环境。





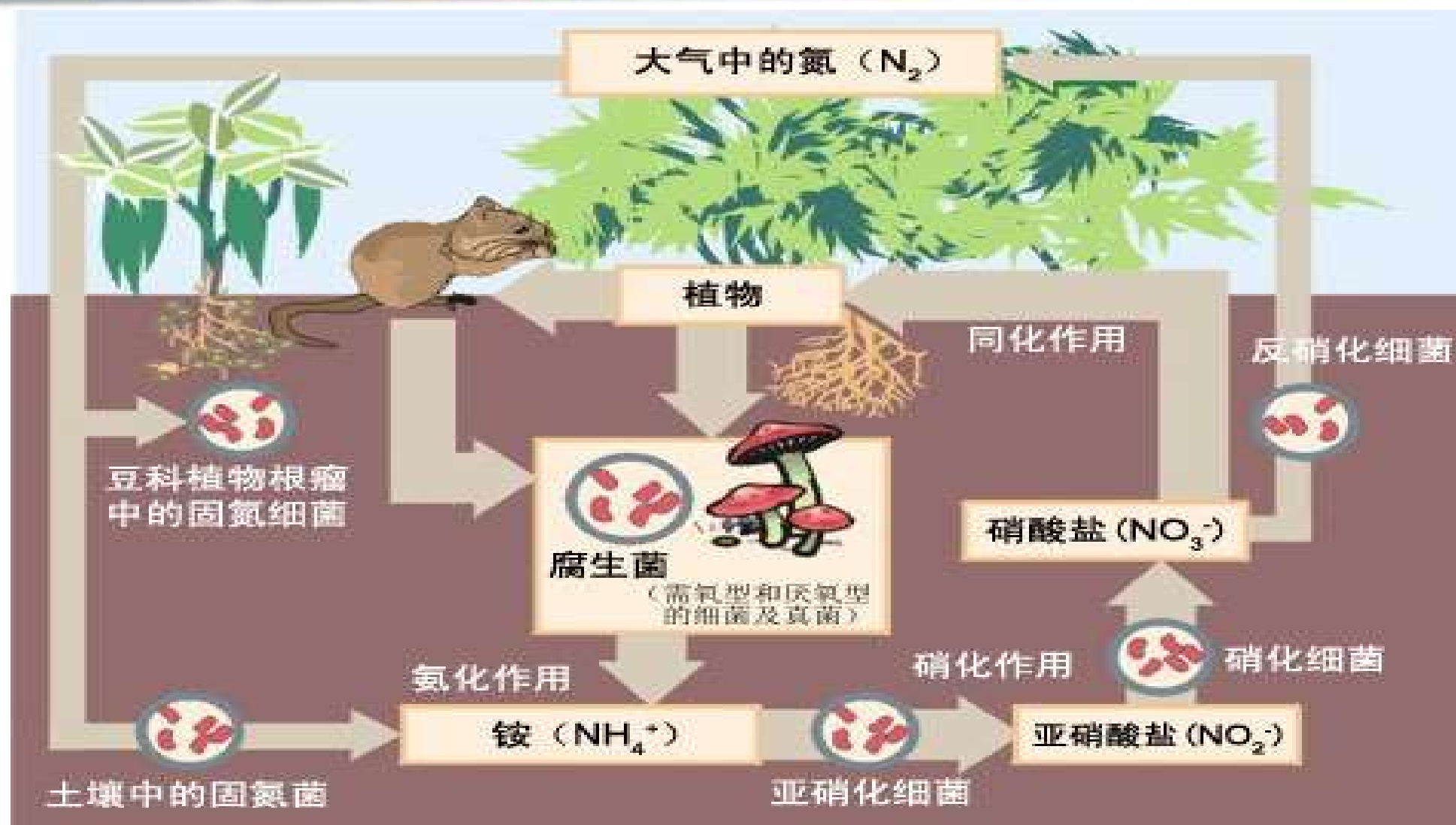
---

- 生物小循环

- 含氮盐——土壤——植物——动物——微生物——  
含氮盐

- 地质大循环

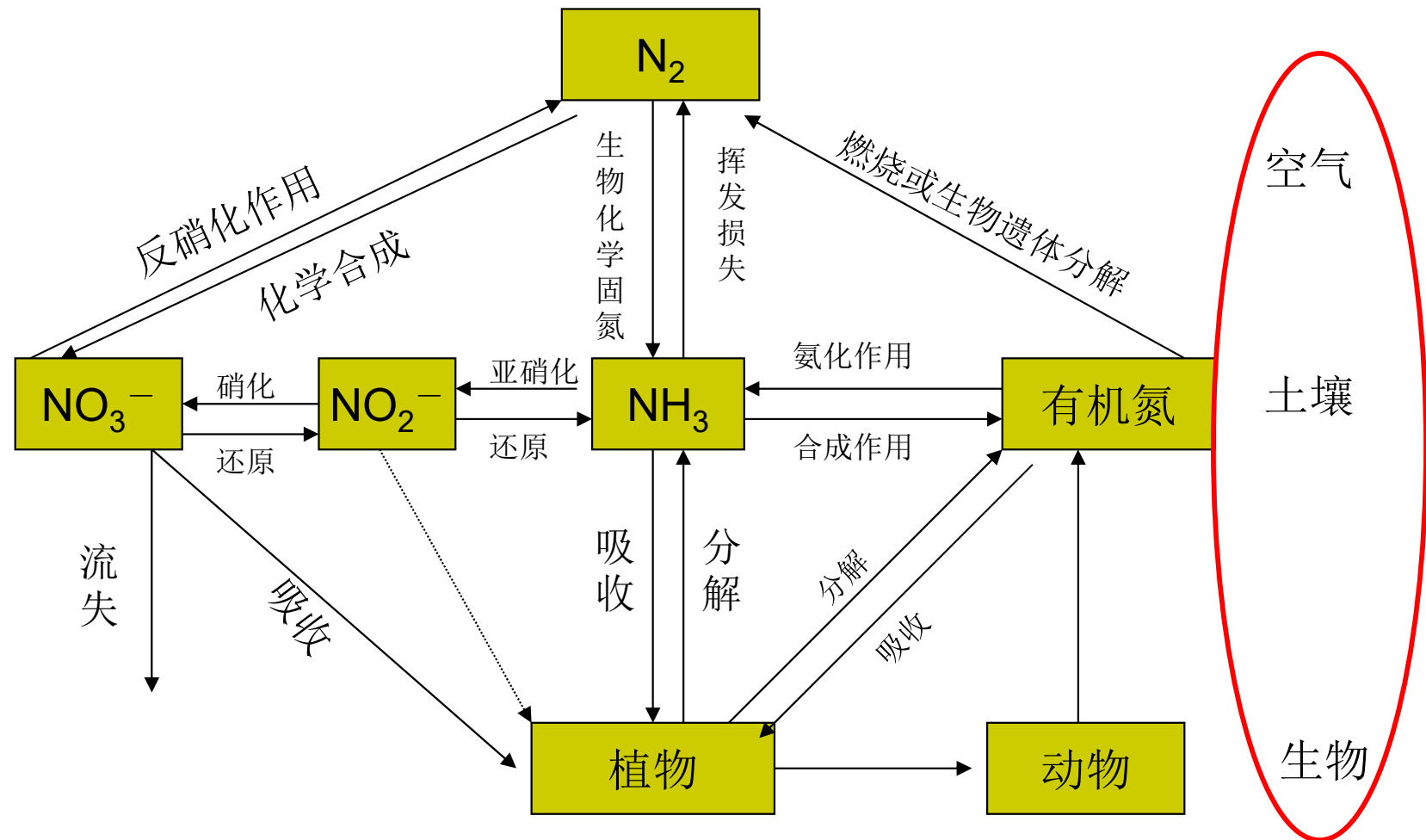
- 大气——生物固氮、闪电和宇宙射线、工业固氮——  
—土壤——植物——动物——微生物、燃烧、反硝  
化、氨化——大气。
-





- 土壤中被固定的氨或铵盐，经硝化细菌将其转化为亚硝酸盐或硝酸盐被植物吸收利用，并与碳结合形成各种氨基酸，最后合成蛋白质。
- 动物直接或间接从植物中摄取植物性蛋白，作为营养来源。
- 生物圈中动植物残体及其新陈代谢含氮排泄物被微生物分解后有又形成氨或铵盐，回归于土壤。
- 土壤中的氨形成硝酸盐后，一部分为植物利用，另一部分则由反硝化细菌把硝酸盐分解为氮分子，重新进入大气。

# 氮的循环与平衡





# 氮素循环的特点

- **输入途径：** 生物固N和化肥、有机肥投入
- **输出途径：** 挥发、淋失、微生物反硝化作用
- **N素循环属于气态型循环：**  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、NO等。
- **N素循环中的生态问题：**
  - ☞ N素利用率低导致土壤或地下水的亚硝酸盐累积；
  - ☞ 畜牧和农田燃烧等的NO、 $\text{N}_2$ 也是温室效应的气体；
  - ☞  $\text{NH}_3$ 过量挥发对人有害



# 人类活动对氮循环干扰的主要表现：

---

- **有机物燃烧**（含氮）产生的大量氮氧化物（ $\text{NO}_x$ ）污染大气；
  - **过度垦殖**也使土壤氮素肥力下降，土壤整体肥力持续下降
  - **工业固氮**的发展，忽视或抑制生物固氮，造成氮素局部富集和氮素循环失调
  - **城市化和集约化农牧业**使人畜废弃物的自然再循环受阻。其中，人类农业活动对氮循环的影响主要是由于**不合理的作物耕作方式以及氮肥施用**而引起氮素的流失与亏损
-



# 农田氮素控制的途径：

---

- **改进氮肥施用技术**（包括分次施肥、氮肥深施、施用缓效氮肥），平衡施肥与测土施肥。
  - **硝化抑制剂**，如脲基硫脲、双氰胺等的应用
  - **合理灌溉**，做好水土保持工作，防止水土流失和土壤侵蚀，这是控制农业非点源氮素污染的重要环节
-

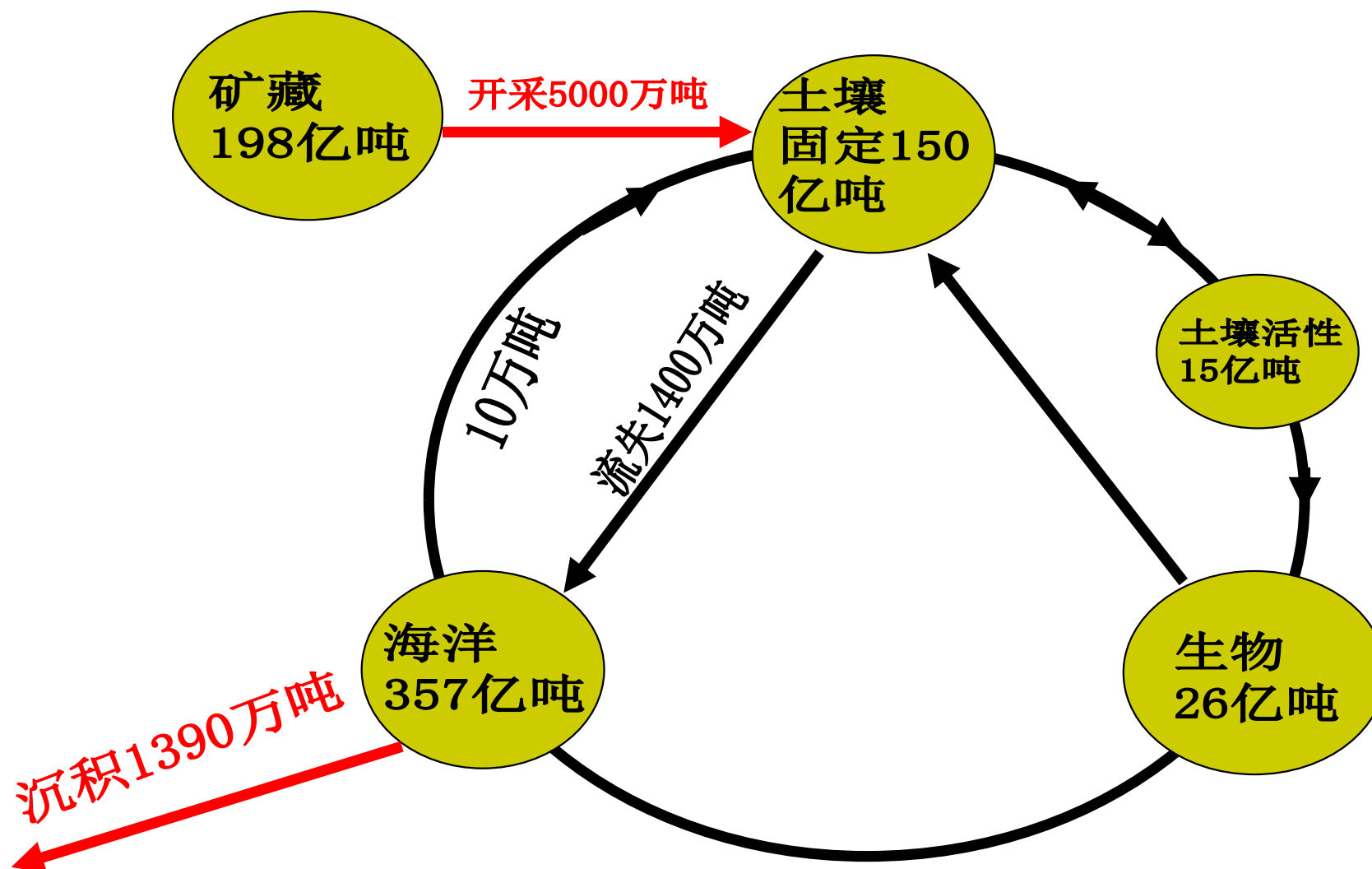


# 解决高产氮素供应问题

---

1. 根据农业中氮的循环特点，既要尽量增加氮的积累，又要减少氮的损失。
  2. 善于调节土壤中的氮素，既要保证植物的营养吸收，又不至于降低土壤肥力。
  3. 合理配合使用有机肥料和化学氮肥。
-

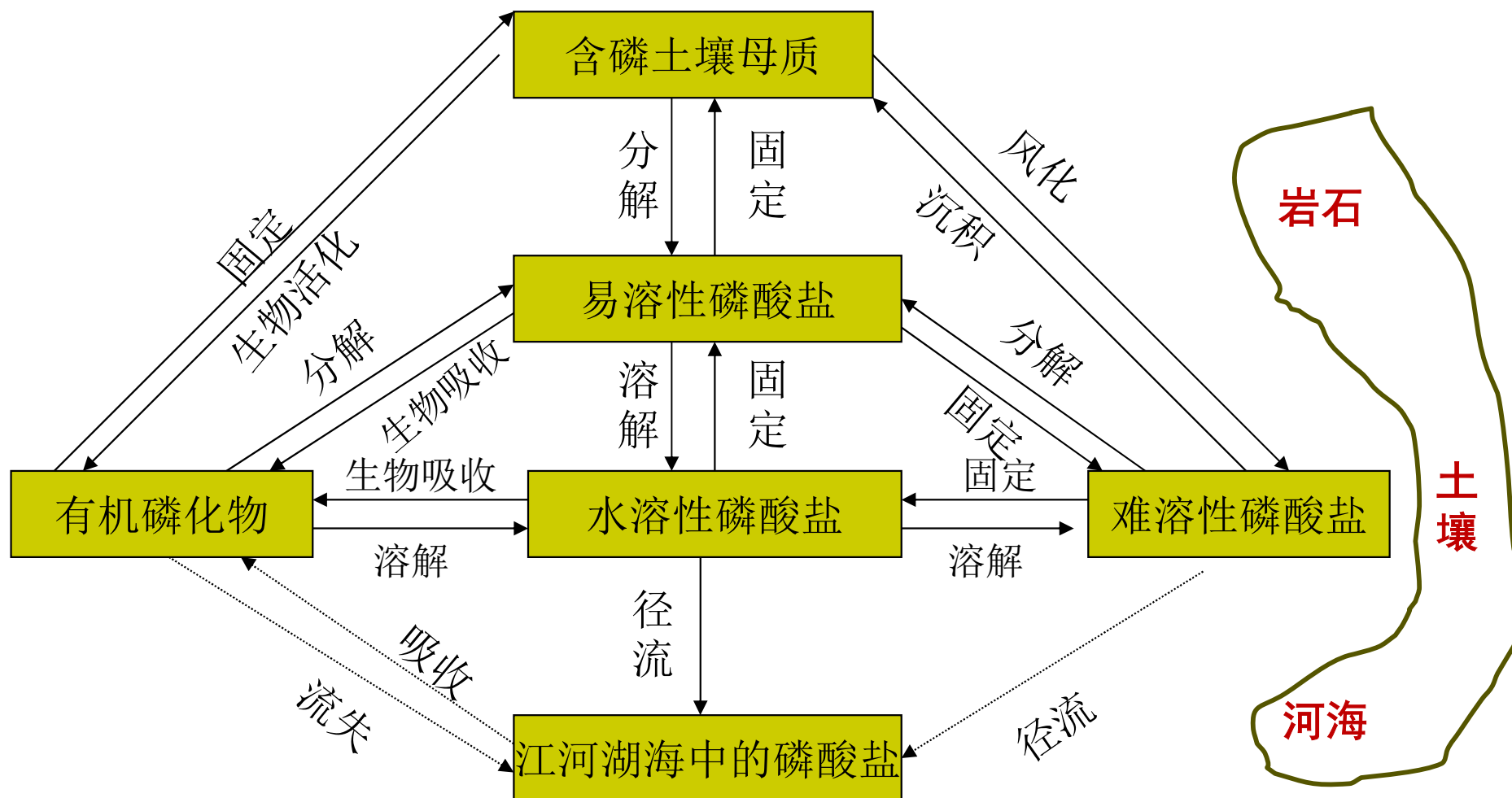
### 3. 磷循环



- **典型沉积型循环**
- **单向流动**
  - 土壤固定和水土流失
- **储量有限**
  - 全球总量840万亿吨
- **生物小循环为主**
  - 生物有机质和食物链为主
  - 土壤库多,活性低,流动慢
- **持续性受威胁。**

- ◆ 磷肥资源有限且分布不均，水土流失及肥料淋失会导致水域的富营养化。
- ◆ 从长远看，磷肥资源缺乏的限制可能比氮肥严重。
- ◆ 应重视从多种途径实现磷的再循环及使更多的土壤沉积态磷进入生物循环。

# 磷的循环与平衡







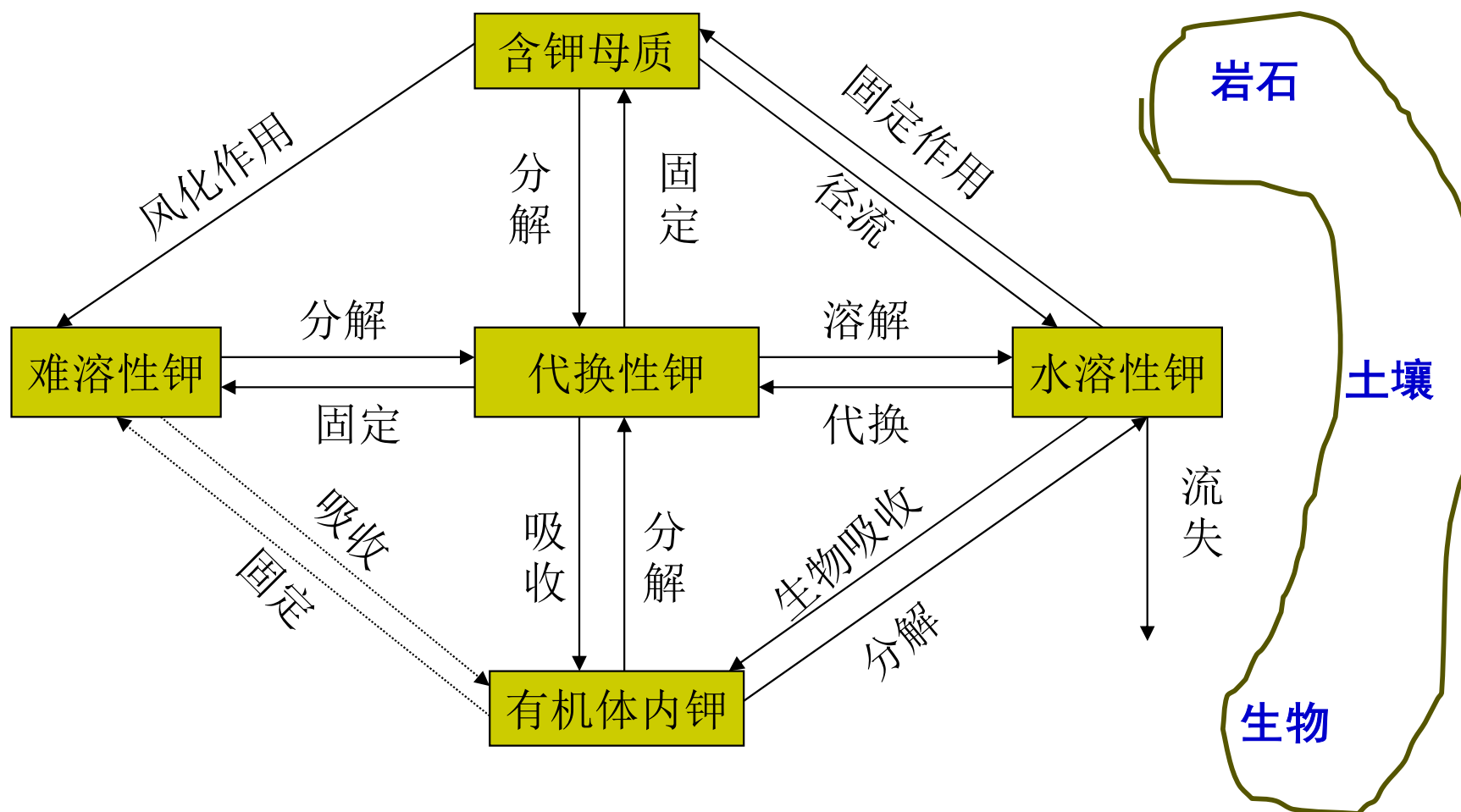
# 钾的循环与平衡

---

## 钾循环特点：

1. 除一些根茎类作物之外，作物体中的钾大多在茎叶当中，籽粒中较少。
  2. 我国相当多数的土壤及母质中含钾量比较丰富，但土壤中绝大部分（98%以上）是难溶的，作物不能利用。
  3. 当季作物能利用的速效钾只占土壤全钾的1%~2%，土壤中可溶性的钾损失主要是淋失，也有一部分可能被土壤矿物晶格固定而失去活性。
-

# 农业中的钾循环



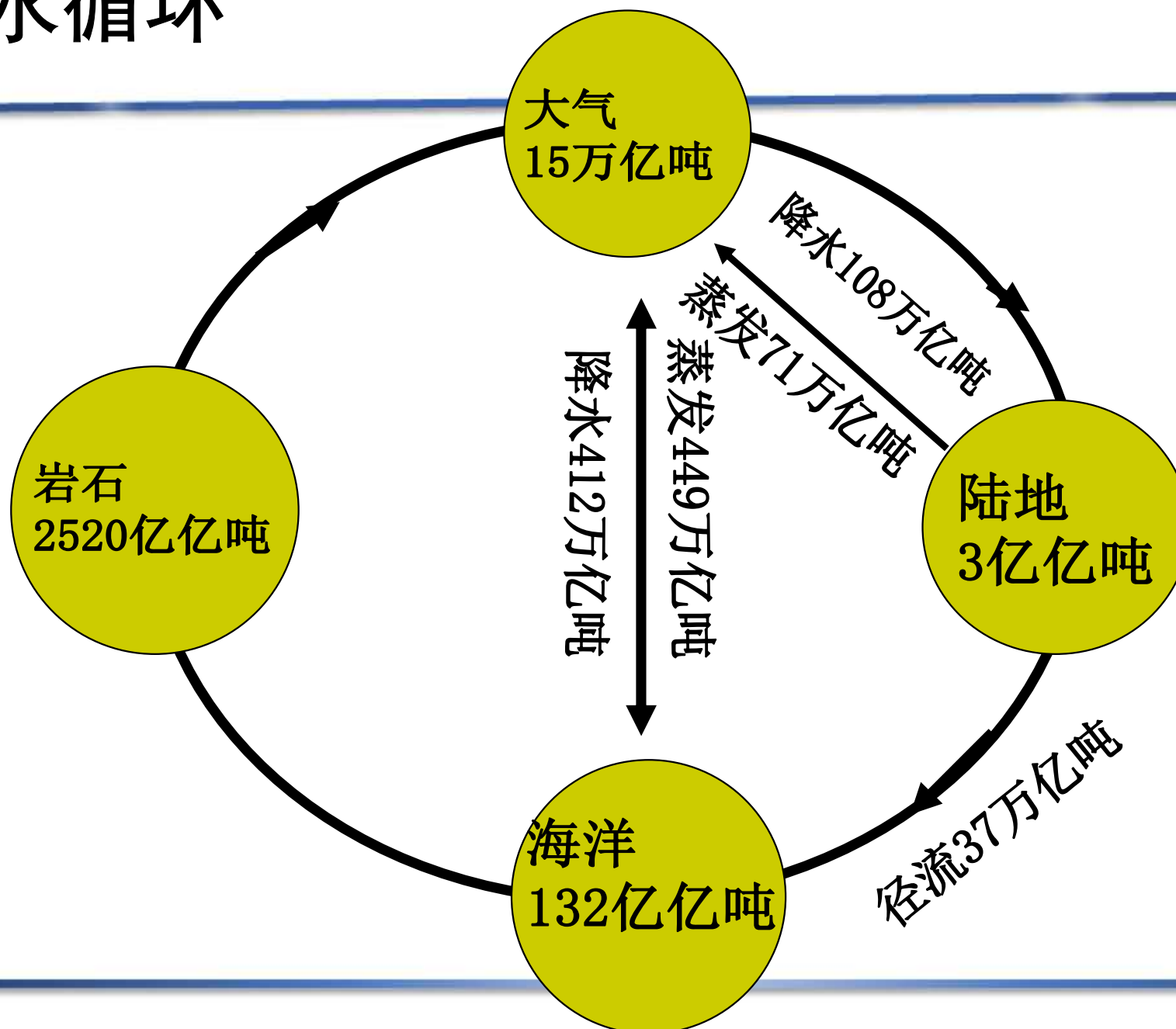


# 钾肥利用应注意的问题

---

- 尽量将**作物秸秆还田、施用草木灰**，以保持土壤中钾素平衡和供应作物钾素营养需要。
  - 通过**耕作措施**促使土壤中难溶性钾有效化。
  - **因地制宜，合理施用**钾肥，并注意含钾工业废渣的利用。
-

## 4. 水循环





- 气相型循环
- 大气中水循环快
- 总量无限、实际量仅百万分之0.5
- 降水后非气相型
- 主要为环境因素
  - 大部分运输能量，调节环境，小部分光合作用所同化
- 区域不平衡
- 季节不平衡
- 水利是农业命脉，耗水量剧增。



# 水平衡

---

- 全球总水量2661亿亿吨
  - 1 其中岩石2520亿亿吨, 95%
  - 2 可移动水135亿亿吨, 5%
  - 2.1 海水97.6%
  - 2.2 淡水2.4%, 占全球的0.12%
  - 2.2.1 冰75%
  - 2.2.2 水25%, 占全球的0.03%
  - 2.2.2.1 地下水98.5%
  - 2.2.2.2 地表水1.5%, 占全球百万分之45
  - 2.2.2.2.1 库98.9%
  - 2.2.2.2.2 流水1.1%, 占全球千万分之5。
-

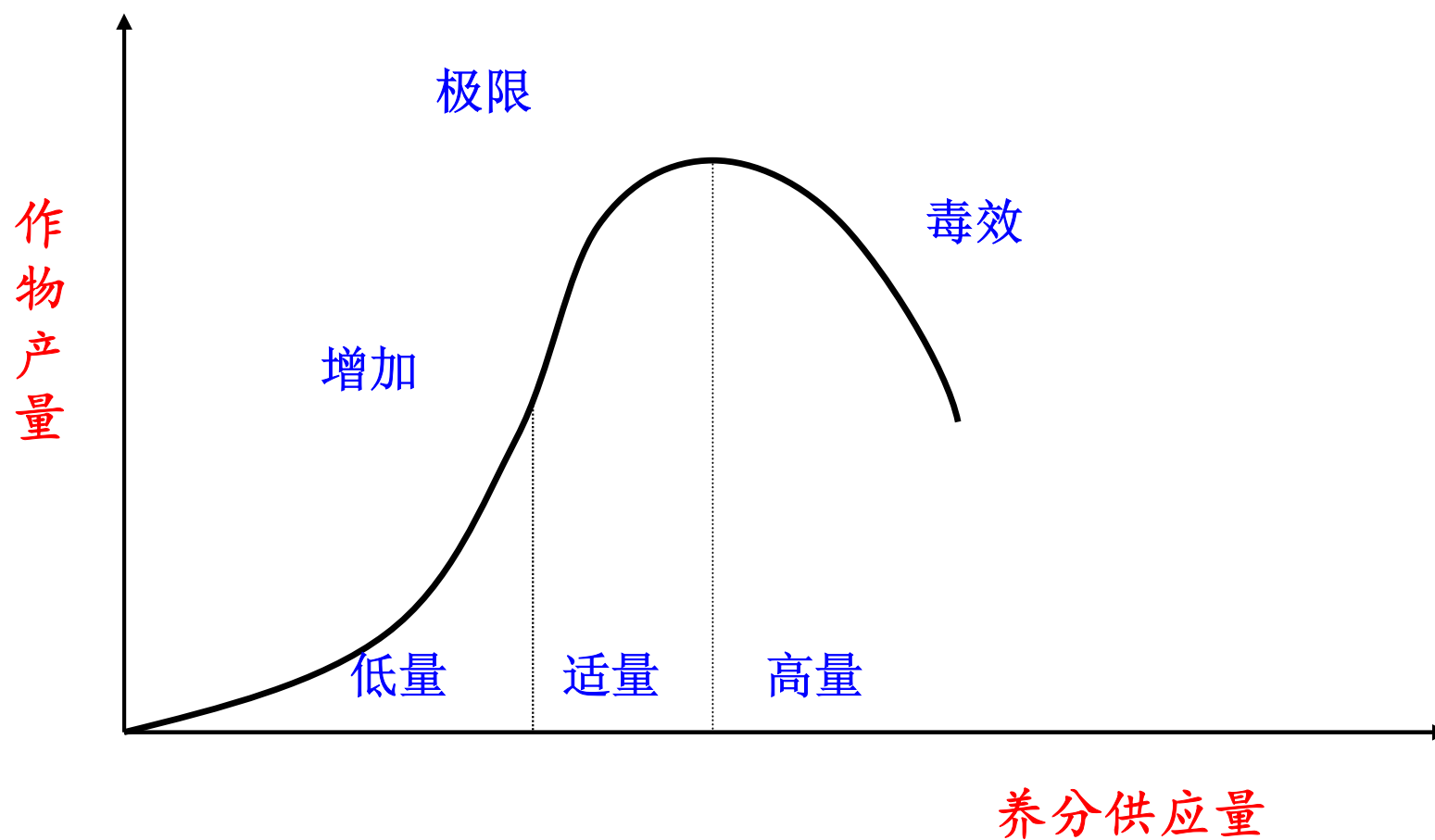


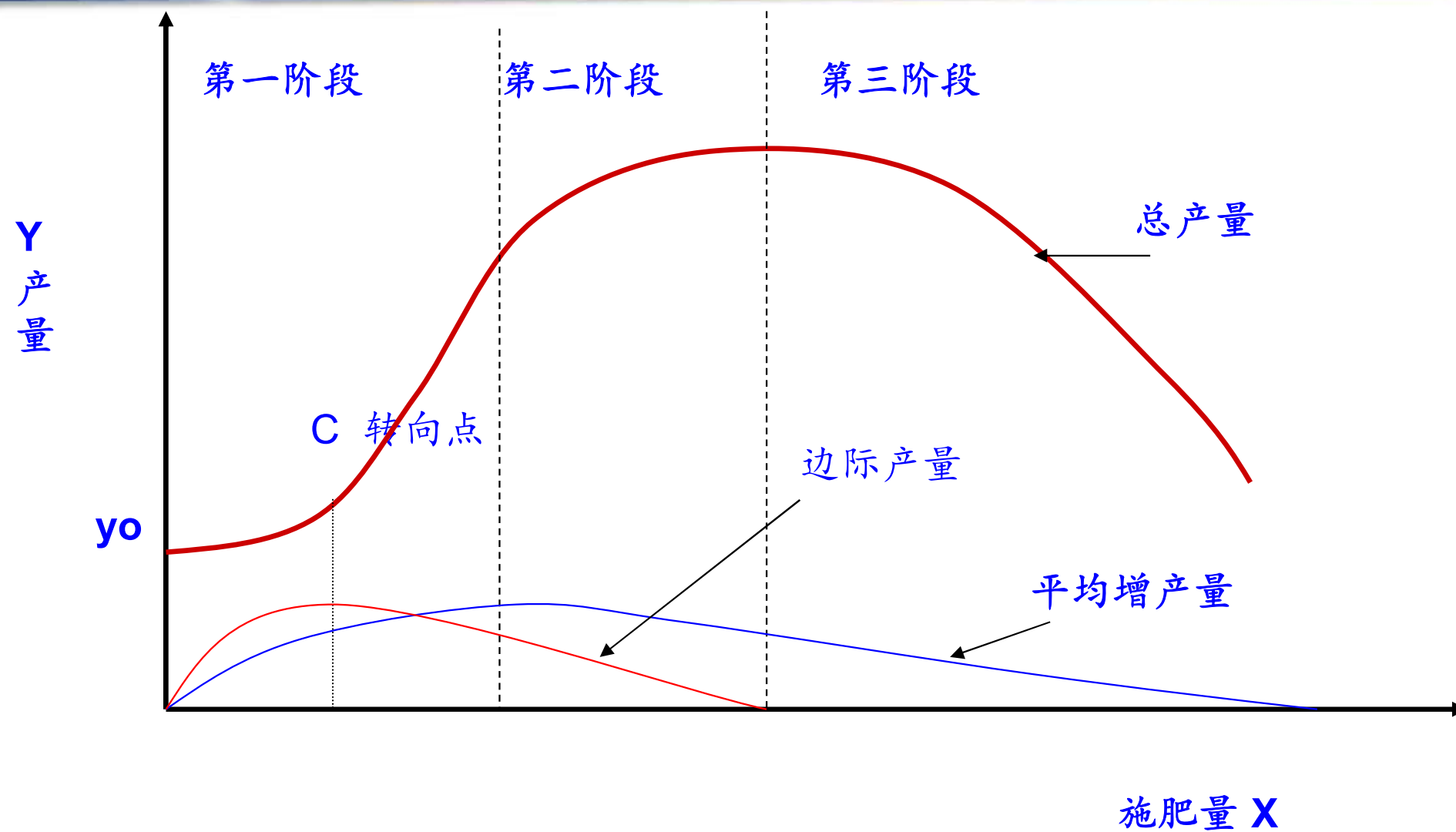
## 五、农田培肥的原则

---

- **施肥越多越好?**

# 施肥量与产量的关系







---

计划施养分量 (kg/亩) = (施肥区计划亩产移走养分量 - 无肥区作物移走养分量) / 当季肥料利用率

累加利用率 = 产出氮 / 投入氮

累加利用率一般在60%~70%左右

当季利用率 (表观利用率) = (产出氮 - 对照空白) / 投入氮

目前利用率为30%左右

---



# 农田养分管理（培肥）的原则

---

1. 生物措施与人工措施相结合；
2. 有主有次，长短效相结合；
3. 注重全面均衡增产；

**全球、全国实行有机农业？**

**Soil quality — product quality**

**Soil health — human health**

---



## 六、农田培肥的途径

---

由于地力是多因素综合作用的结果，建立与种植制度相适应的多途径培肥农田的技术体系，是耕作制度发展的需要和必然结果。

**【多途径农田培肥技术体系】**以地力动态平衡为基础，在建立良好的农业生产体系的同时，以人工施肥为核心，通过生物的、化学的、物理的、工程的、防护的措施构成多维养地，全面调控地力的技术体系。

实施全方位、多途径培肥，尽可能使更多的物质和能量纳入到农田生态系统中来，是现代多维用地、高产出、高功能的种植制度的需要。

---



## (一) 生物途径

---

利用生物及其残体培肥地力或改良土壤。

### 作用：

1. 生物固氮；
2. 增加土壤有机质；
3. 活化土壤养分；
4. 保持水土；
5. 疏松土壤；
6. 排除盐碱，等等。

### 措施：

1. 合理安排作物布局，因土种植；
  2. 合理轮作；
  3. 采用多熟种植，扩大物质循环；
  4. 农牧结合。
-



## (二) 化学途径

---

- ◆ 化学途径通过施用化学肥料、土壤改良剂，强化农田物质循环，增进地力，是现代农业扩大再生产的基础，也是现代农业培肥地力的重要标志。
  - ◆ 化肥施用水平与产量水平密切相关。据FAO估计，世界粮食增产额中约有 50%靠的是化肥。在增产的同时，化肥还能有效地保持土壤中的氮、磷、钾、钙等的平衡，促进碳循环。
-



# 化肥是鸦片？

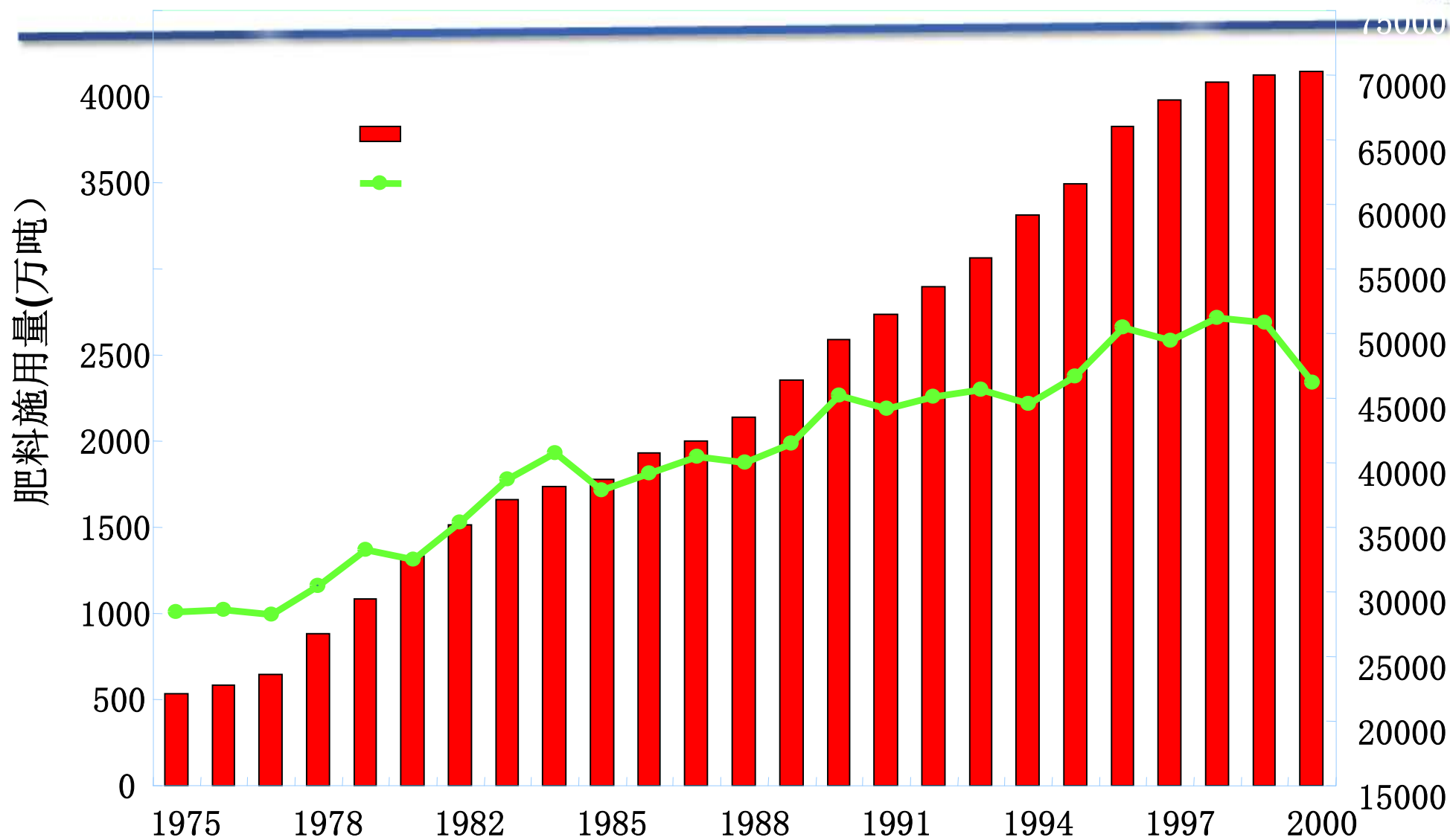
---

## 长期肥料定位试验结果说明：

1. 长期施用化肥的与施用有机肥的处理相比，作物产量相等或略高；
2. 长期施用化肥（几十年到上百年）后，土壤肥力没有降低，但仅施用氮肥会带来不良后果；
3. 施用有机肥有助于改善地力，大约经过**50-100**年施用有机肥后，土壤有机质和全氮含量增加**30%-40%**。

**施用化肥提高土壤肥力的原因是：**增加作物产量，从而扩大了返还到土壤中的生物有机质的来源。

---



**1975年以来我国肥料施用量与粮食总产量的变化**



- 
- 化肥的施用量应服从施肥的**经济原则**，避免出现“报酬递减”现象；
  - 化肥的施用必须体现**土壤、因作物制宜，氮、磷、钾合理配合施用原则**必在强化无机投入的同时，注重**有机培肥**，并使**有机与无机结合**，将能持续增进地力，奠定农业可持续发展的基础。
-



### (三) 有机无机措施结合

---

- 化肥能够提高作物产量和土壤肥力，但应用不当会产生副作用。
  - 有机肥能够改善土壤的理化性状，增进化肥的效果。
  - 土壤是有生命活力的生态系统，其中各种微生物和酶的状态和活性是地力的重要指标。它们的活动需要能量，而能量的来源是有机质分解。
  - 有机肥与无机肥配合施用可以调节土壤C/N比。
-



## (四) 物理途径

---

**利用土壤耕作、灌溉与排水农田工程等农业措施：**

- 改善耕层构造；
  - 协调耕层土壤水分、空气和养分的矛盾；
  - 改善肥力条件，促进肥力因素有效化；
  - 控制地力非目标性消耗，为农田作物生长发育创造一个良好的土壤环境条件。
-



## (五) 防护途径

---

建立综合的农田防护体系，控制因水蚀、风蚀和草害导致农田肥力因素的非目标性输出。具体：

- 基本农田建设；
  - 营造农田防护林带；
  - 实施保护耕作、保护种植、防治农田草害等措施
  - 改善农田生态环境条件，维护农田地力不致损耗。
-



---

# 第二节

# 农田水分调控

---



# 一、农田水分管理

---

目的：使农田的土壤水分状况适宜于生长发育和增产增收的需要，提高作物对水分的利用效率。因此，水分管理不仅仅是灌溉+排水。

---



# 农田水分平衡

$$\Delta S + \Delta V = (P + I + R^+ + U) - (E + T + R^- + D)$$

式中：

$\Delta S$ — 土壤水变化量；

$\Delta V$  — 植物体内水分变化量；

$P$ — 降水量；

$E$ — 地面蒸发量；

$I$ — 灌溉量；

$T$ — 蒸腾量；

$R^+$ — 径流进入农田水量；

$R^-$ — 径流出农田水量；

$U$ — 地下水（毛管上升）补给量；

$D$  — 根层排水（渗漏）量。

$$\Delta S = P + I - E T \quad \text{或} \quad E T = P + I - \Delta S$$

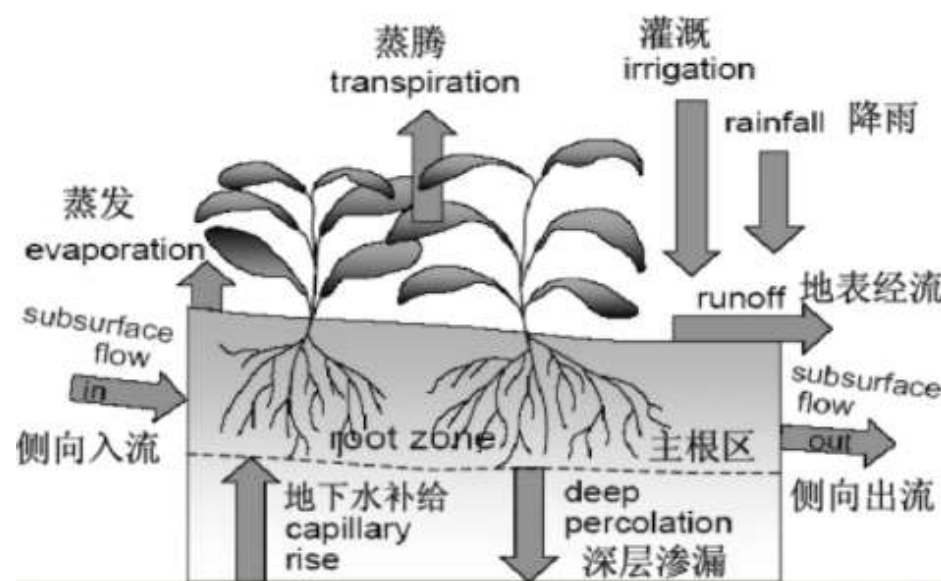
## 二、农田的水分平衡

自然条件下，农田水分：

收入：降水（雨、雪、露）；

支出：土壤蒸发和作物蒸腾；

作物生长过程中二者处于动态平衡过程。





# (一) 自由能与水势

---

## 1、自由能 (Free Energy)

在恒温恒压下，体系能做有用功的那部分能量。

## 2、水势

### ① 水的化学势 (Chemical Potential) $\mu_w$

在恒温恒压及体系其他组分不变的条件下，当加入1mol水所引起的自由能变化。

---



水化学势绝对值常采用水的化学势与同条件下纯水的化学势之差来表示，即

$$\Delta \mu_w = \mu_w - \mu_w^0$$

② 水势 ( $\psi_m$ ) (Water Potential)

每偏摩尔体积水的化学势差.

$$\Psi_m = \frac{\mu_m - \mu_m^0}{V_m} = \frac{\Delta \mu_m}{V_m}$$

纯水的自由能最大，水势也最高，其值定为0。水分从水势高处流向水势低处。

1mol 蔗糖液水势为-2.69MPa  
1mol KCl溶液水势为-4.5MPa  
海水的水势约为-2.5MPa

$V_m$ —在温度、压力及其他组分不变的情况下，在无限大的体系中加入1mol水时，对体系体积的增量（有效体积）。

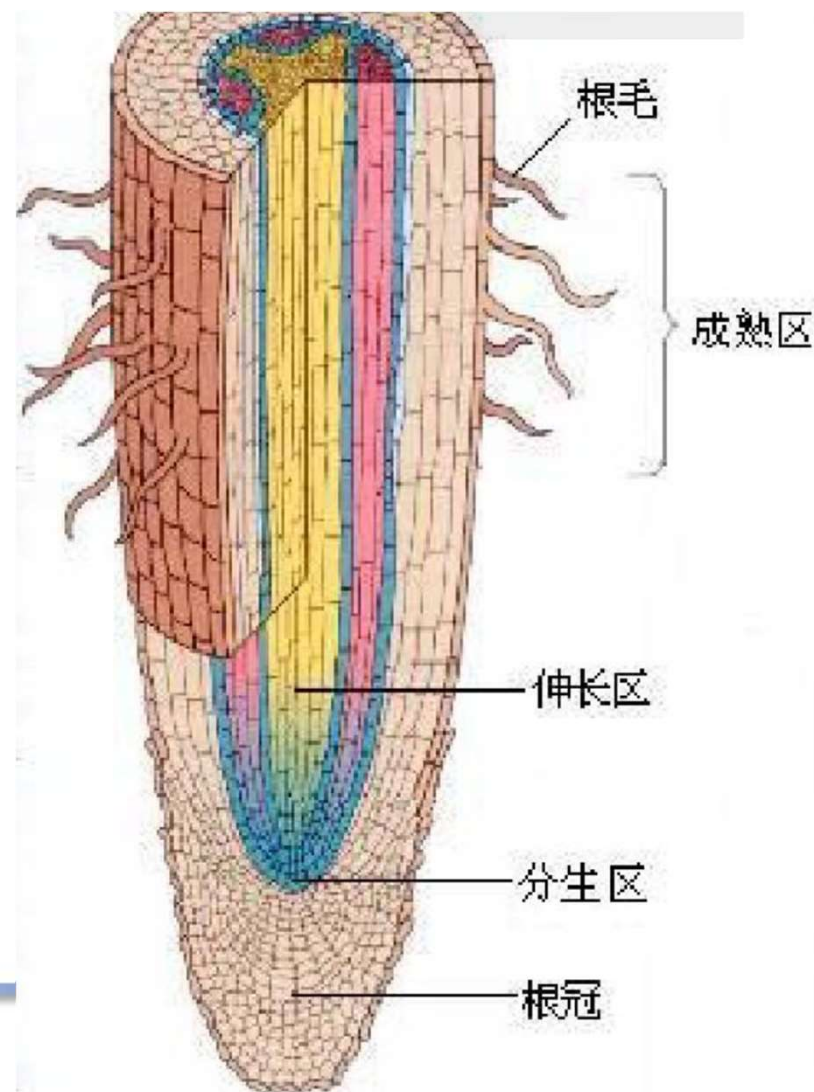
一定量溶质溶在1摩尔溶液中所引起的体积变化

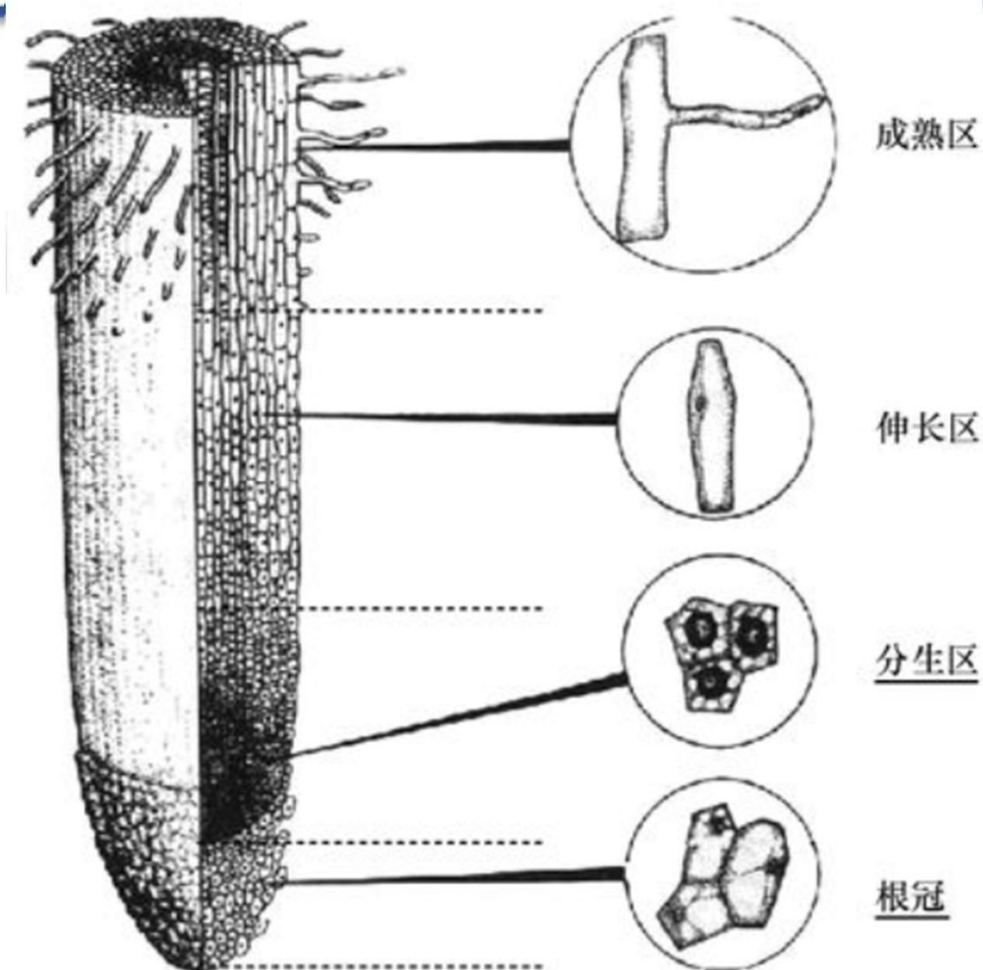
## (二) 根系吸水

### 1、吸水区域

主要区域：**根尖**

根尖伸长区的**根毛区**表皮细胞凸起，形成大量根毛，增加了吸收表面积，从而增加了吸水的能力。





主要在根尖10厘米，包括根冠、根毛区、伸长区和分生区，其中根毛区吸水能力最大✳。

- ① 根毛区有许多根毛，增大了吸收面积；
- ② 根毛细胞壁的外部由果胶质组成，粘性强，亲水性强，有利于与土壤颗粒粘着和吸水；
- ③ 根毛区的输导组织发达，对水分移动的阻力小。



## 2、根系对水分的吸收方式☀

---

### (1) 被动吸水

枝叶蒸腾产生蒸腾拉力，引起根部吸水，所以受植物蒸腾强度的直接影响。

### (2) 主动吸水

根系的代谢过程而引起吸水，从而表明根压的存在。

**被动吸水**是主要的吸水方式。

---

### (3) 根压存在的现象

#### ① 伤流

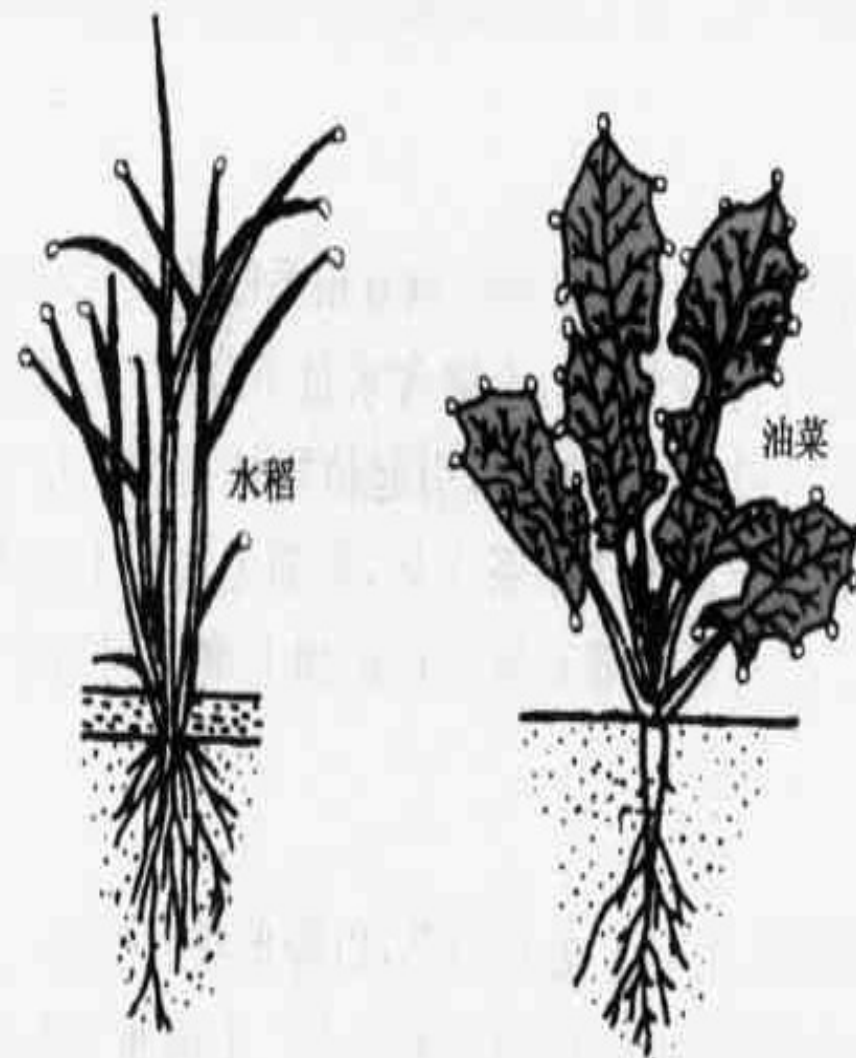
把植物从基部切断或植物受到创伤时，就会从断口或伤口处溢出液体。

若在切口上套一根橡皮管，再与压力计相连接，就可测定出伤流液从伤口流出的根压大小。



## ② 吐水

在土壤水分充足，空气比较潮湿的环境中生长的植物，其叶片可直接向外溢流水分。



水稻、油菜的吐水现象(引自李合生,2002)







## (三) 蒸腾作用☀

---

### 1、含义

水分以气体状态通过植物体的表面从体内扩散到大气中的过程。

### 2、生理意义

- (1) 作物水分吸收和运输的主要动力；
  - (2) 矿质营养吸收和运输的主要动力；
  - (3) 维持植物适当体温；
  - (4) 利于光合作用。
-



### 3、指标

$$E_s = \frac{C_i - C_a}{r_a + r_s}$$

(1) **蒸腾速率**（强度） g/（m<sup>2</sup>.h）

单位叶面积在单位时间内蒸腾散失水分的数量。

白天较高，一般为15 ~ 250g/（m<sup>2</sup>.h）

夜间较低，为1 ~ 20g/（m<sup>2</sup>.h）

(2) **蒸腾效率**（比率） g/kg

作物每蒸腾1kg水所形成的干物质克数。

(3) **蒸腾系数**（需水量） g/g

作物每制造1g干物所消耗水的克数。



# 影响因素

---

## (1) 内部因子

气孔阻力：气孔开张和关闭影响气孔阻力

## (2) 外部因子

- ① 光照（最主要的外界条件）
  - ② 温度
  - ③  $\text{CO}_2$  浓度
  - ④ 风速
-

## (四) 作物体水分平衡的调节

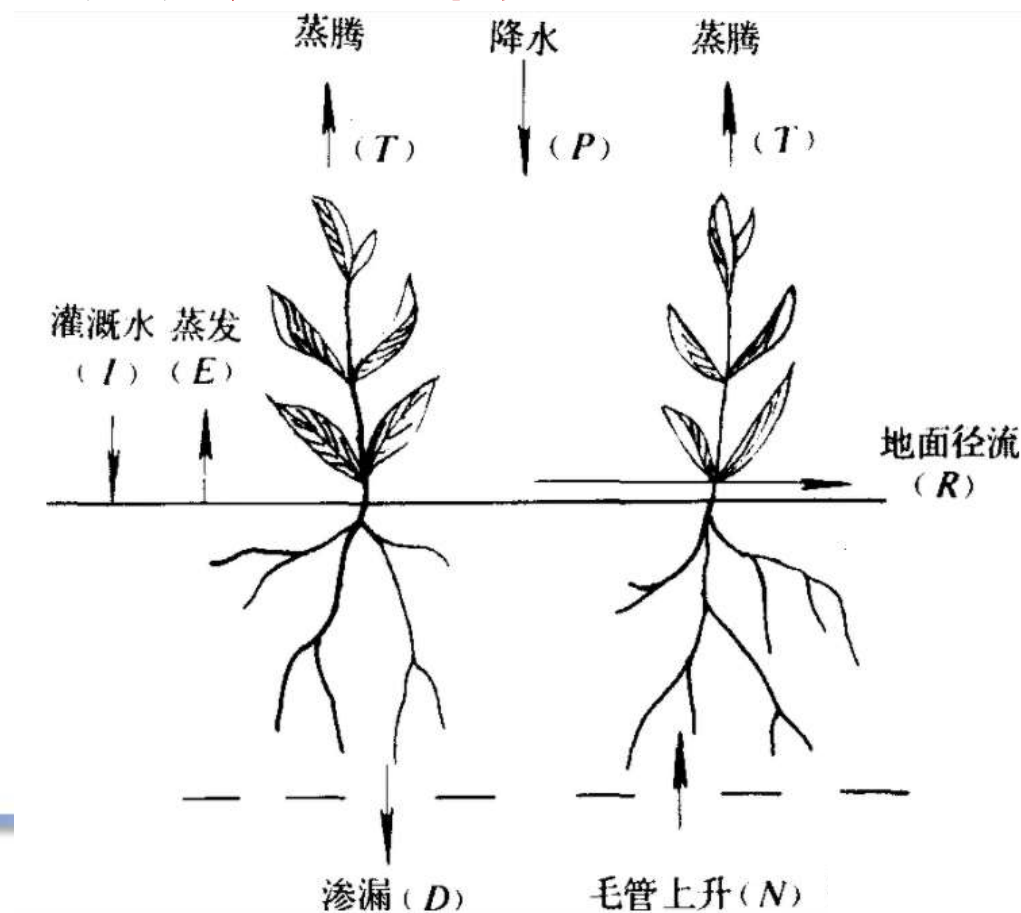
水分**进入**与水分**丧失**之间的平衡称为水分平衡。

该平衡是处于正负值之间的**动态平衡**中。

★调节机构：

气孔

根系



# 三、作物的需水规律☀

## 1、作物的需水特性

### (1) 蒸腾系数

蒸腾系数越大，作物水分利用效率越低。

### (2) 不同作物具有不同的需水量

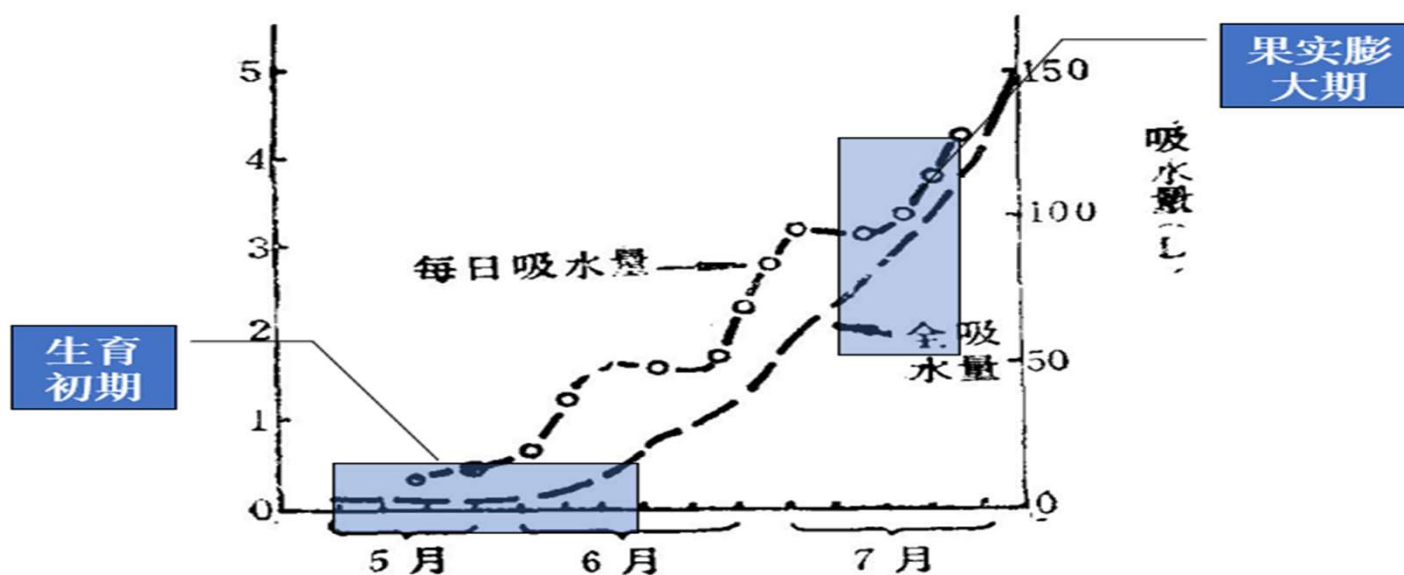
表 3—2 作物的蒸腾系数

| 作物种类  | 蒸腾系数    | 作物种类 | 蒸腾系数    |
|-------|---------|------|---------|
| 黄 瓜   | 1000    | 小 麦  | 513     |
| 南 瓜   | 834     | 玉 米  | 368     |
| 金 花 菜 | 831     | 高 粱  | 322     |
| 豌 豆   | 788     | 粟    | 310     |
| 马 铃 薯 | 636     | 水 稻  | 211—585 |
| 油 菜   | 227     | 大 豆  | 335—368 |
| 甘 薯   | 251—264 | 棉 花  | 646     |

# 1、作物的需水特性

(3) 生理过程随着蒸腾强弱而变化

(4) 同一作物在不同的生育期需水量不同



黄瓜吸水量随着生育的变化规律

注：品种为理想绿，5月7日播种

# 三、作物的需水规律

## 2、水分临界期

(1) 对水分最敏感的时期，即由于水分的缺乏或过多，对产量影响最大的时期，叫做某作物的水分临界期。水分临界期不一定是作物需水量最多的时期。

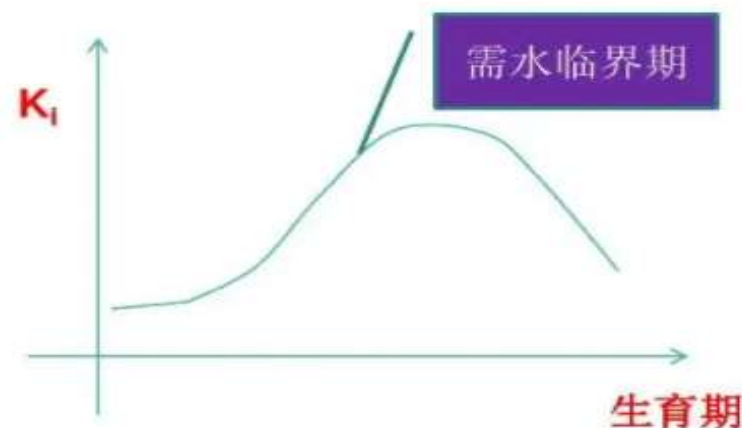
(2) 品种不同，水分临界期不同

表 3—3 几种作物的水分临界期

| 作物    | 临界期     | 作物    | 临界期     |
|-------|---------|-------|---------|
| 冬小麦   | 孕穗到抽穗   | 大豆、花生 | 开花      |
| 春小麦   | 孕穗到抽穗   | 向日葵   | 花盘形成到开花 |
| 水稻    | 孕穗到开花   | 甜菜    | 抽茎到开花   |
| 玉米    | 穗分化到乳熟期 | 马铃薯   | 开花到块茎形成 |
| 高粱、谷子 | 孕穗到灌浆   | 番茄    | 结实到果实成熟 |
| 棉花    | 开花到成铃   | 瓜类    | 开花到果实成熟 |

## 2、水分临界期

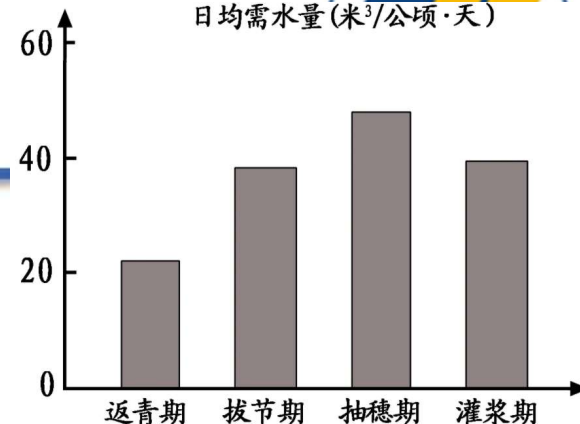
(3) 作物的水分临界期是**花粒母细胞四分体形成期**，该时期植作物体内**各种代谢活动旺盛**，细胞**原生质黏性与弹性**均下降，细胞液浓度很低，吸水力也小，抗旱能力最弱。**若该期供水不足，则导致生殖器官发育不良。**



# 三、作物的需水规律



日均需水量(米<sup>3</sup>/公顷·天)



## 3、最大需水期

【概念】指植物生活周期中需水最多的时期。

不同植物最大需水期出现的时期不同。

例：大豆开花～鼓粒期，约占45%～50%。该期是大豆营养生长与生殖生长并进期，光合、呼吸、蒸腾、物质吸收转化与运输分配均达到高峰，干物质积累迅速增加。



## (二) 水的生物学效应

---

### 1、种子发芽期

种子发芽期只发生物质转变，不发生物质同化。

### 2、营养生长期

幼苗期植株叶面积小，需水量较少，但随着植株的生长，叶面积的增大，干物质的积累以及各种生理活动的需求，需水量会逐渐增加。

---



### 3、开花结果期

---

- 水分**缺乏**时，叶片失水，从吸水能力小的部位（幼芽、幼根、根毛）吸水，从而引起落花，落果。
  - 水分**过多**，茎叶陡长，而花果得不到足够的水分也易**落花、落果**。果实膨大期水分不足，果实膨大受阻，品质下降。
-



## 四、农田水分平衡的调控

---

**目的：**为作物提供良好的水分条件，提高 WUE。

**途径：**

1. 建立与水资源状况相适应的种植制度：
    - 使作物需水与降水节律一致；
    - 因水种植。
  2. 运用蓄水保墒的土壤耕作措施：地上水、地下水、土壤水。  
“秋雨春用”，“蓄住天上水，保好田中墒”。
  3. 合理施肥，以肥调水：扩大根系，增加蒸腾，多方面提高抗旱能力。
  4. 合理排灌，科学用水：时间，水量，开源节流，合理调配。
-



# 五、节水耕作制度

---

- 1、非充分灌溉：不同生育阶段的水分优化；
  - 2、条亏灌溉：生长的某一阶段施加一定程度的水分亏缺；
  - 3、集雨农艺工程技术：集雨与农艺；
  - 4、旱区节水耕作制度：作物组合、配置、熟制和种植方式的综合。
-



---

## 第三节

# 农田保护

---



# 一、农田建设

---

## 1、目的：

- 提高农田的综合生产力。

**2、农田综合生产力** 是指农田种植农作物获得持续高产稳产的能力。

- 不是一季
  - 不是一年
  - 不是一种作物
  - 不是一种种植方式
-



### 3、高质量农田的标准

---

- 田面平整，方便排灌；土层深厚，旱涝保收；土壤健康，高产稳产。

#### 1) 田面平整、排灌自如

- 水田<5厘米，旱地<20厘米，坡度<3度。
- 灌溉全田上水，排涝全天无积水。

#### 2) 土层深厚、土肥泥活

- 15-20厘米以上，养分齐全，有机质丰富，团粒结构好
-



### 3、高质量农田的标准

---

3) 坡地梯田，等高耕作

- 25度以下，5度以上

4) 抗御灾害，旱涝保收

5) 环境保护，生态平衡

- 不流失，无病源物、有害因子

6) 园田绿化，高产稳产

- 防风林，吨粮田，多作高产稳产
-



# (1) 高产田（旱地）标准

---

- 耕层深厚

- 耕层20—30厘米，
- 土层100厘米以上
- 抗旱力强

- 土质疏松

- 上虚下实

## 养分充足

- 有机质1-1.5%，
- 全氮0.1%左右
- 全磷0.1%以上
- 全钾1.5%以上
- 盐基饱和度80%以上

- 土壤环境适宜

- 无毒，旱涝保收
-



## (2) 高产田（水田）标准：

- **良好的土体结构**
  - 耕作层深、软、肥，18—22厘米
  - 犁底层紧密适度，5-10厘米
  - 保水爽水，斑纹层（心土层）40-50厘米，
  - 底土层70-80厘米以下
- **丰富的养分含量**
  - 有机质2.5-5.0%，全氮0.15-0.25%、全磷0.1-0.2%，
  - 全钾1.0-2.5%，阳离子代换量10-25毫克当量/100克土
  - 盐基饱和度70-80%
- **质地适中**
  - 中壤、重壤、轻粘
  - 日渗透量10-15毫米，
  - 淹水期间日渗透量2-4毫米
  - 有害微生物（硝化细菌），变形虫、滴虫、轮虫少
  - 氧化还原电位高，淹水期120mv以上，湿润期200-250mv以上
- **土壤环境适宜**
  - 无毒，无污染、旱涝保收，亩产500公斤以上



## 4、农田建设的主要内容

---

- 农田水利建设：

- 打井修渠
- 建造梯田
- 平整土地。

- 中低产田改造：

- 旱、涝、薄、粘、漏、盐碱、酸、跑、毒等。
-

## 二、农田保护

### (一) 农田保护的作用

保护农田及其土壤的理化特性；保护农田中的作物。





## (二) 农田保护的措施

---

1. 种植保护性作物：增加覆盖，减少土壤耕作；
  2. 多熟种植：乔、灌、草结合，带状种植；
  3. 保护性土壤耕作：
    - 等高耕作
    - 沟垄耕作
    - 残茬覆盖
    - 少免耕
    - 防风蚀耕作：高留茬，风障，免秋耕等等。
  4. 修筑梯田
  5. 营造农田防护林网：增加湿度，降低风速，增加还田有机物。
-

# 北方土石山丘陵



# 水田梯田



# 格网防护林





# 陕西榆林防沙林



# 风蚀

---



# 旱地梯田



# 农田防护林



# 水土保持



## Cotton being protected by killed rye plants



# 农田防护林









---

# 课程总结

---