



第三章 土壤生物

www.cau.edu.cn

土壤生物

1 主要内容 (重点):

- 1.土壤生物多样性
- 2.影响土壤微生物活性的环境因素（重点）
- 3.土壤微生物区系的发生和分布
- 4.土壤生物活性及表征

2 教学目标与要求:

了解土壤中的主要生物种类，认识土壤生物的多样性；重点掌握影响土壤微生物活性的各种因素；了解土壤细菌、真菌、防线菌、蚯蚓、线虫等生物的特性及对土壤肥力的影响。

3 教学方式与手段:

幻灯，动画演示；案例分析；

4 课时安排与进度:

课时数：2课时

土壤生物

提纲

- 第一节 土壤生物的种类及其多样性
- 第二节 影响土壤微生物生活性的环境因素
- 第三节 土壤微生物区系的发生和分布
- 第四节 土壤生物活性及表征

土壤是生命的摇篮，
生命是土壤的发动机！
土壤是微生物的大本营
—被忽视的生物王国！





第一节 土壤生物种类及其多样性

一、土壤生态系统及其特征

在生态系统中，生物按其功能可分为：生产者和分解者。

土壤生态系统的特点是：

- 1、生产者占的比例很小。
藻类是土壤中唯一能进行光合作用的生物，土壤生态系统中的有机物主要来自于地上部分的植物残体。
- 2、分解者无论在数量和功能上都是十分重要的。

第一节 土壤生物种类及其多样性

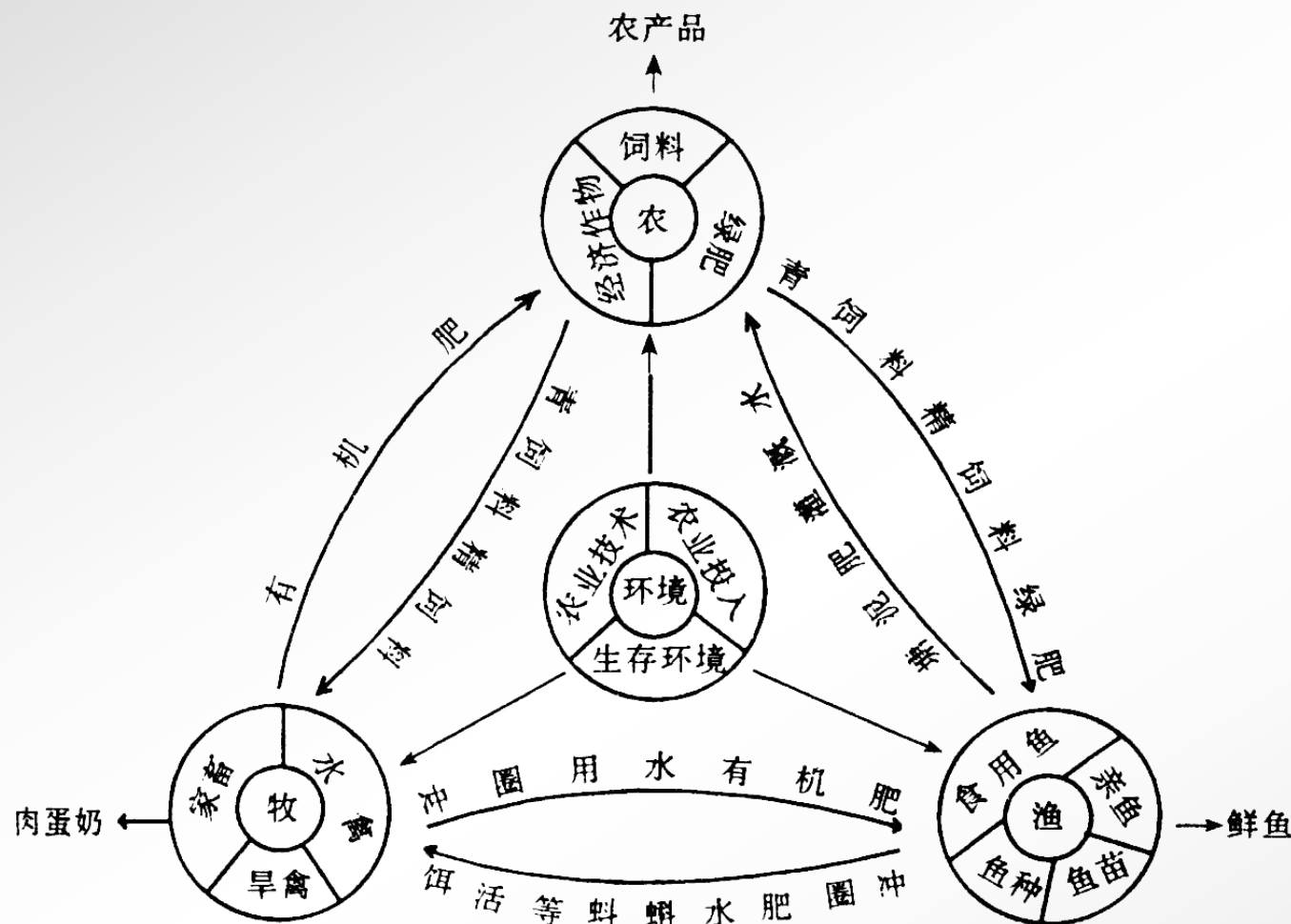


图 3-1 典型农、牧、渔综合养殖生态工程结构模式
完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研



第一节 土壤生物种类及其多样性

■ 分解者可分为：

- 第一消费者：以植物残体为食，最先对植物残体分解的动物和微生物；
- 第二消费者：包括食肉动物和消耗低等植物的食微植物者；
- 第三消费者：以第二消费者为食物的食肉动物。

■ 土壤生物广义上应包括土壤微生物、土壤动物和高等植物的根系。



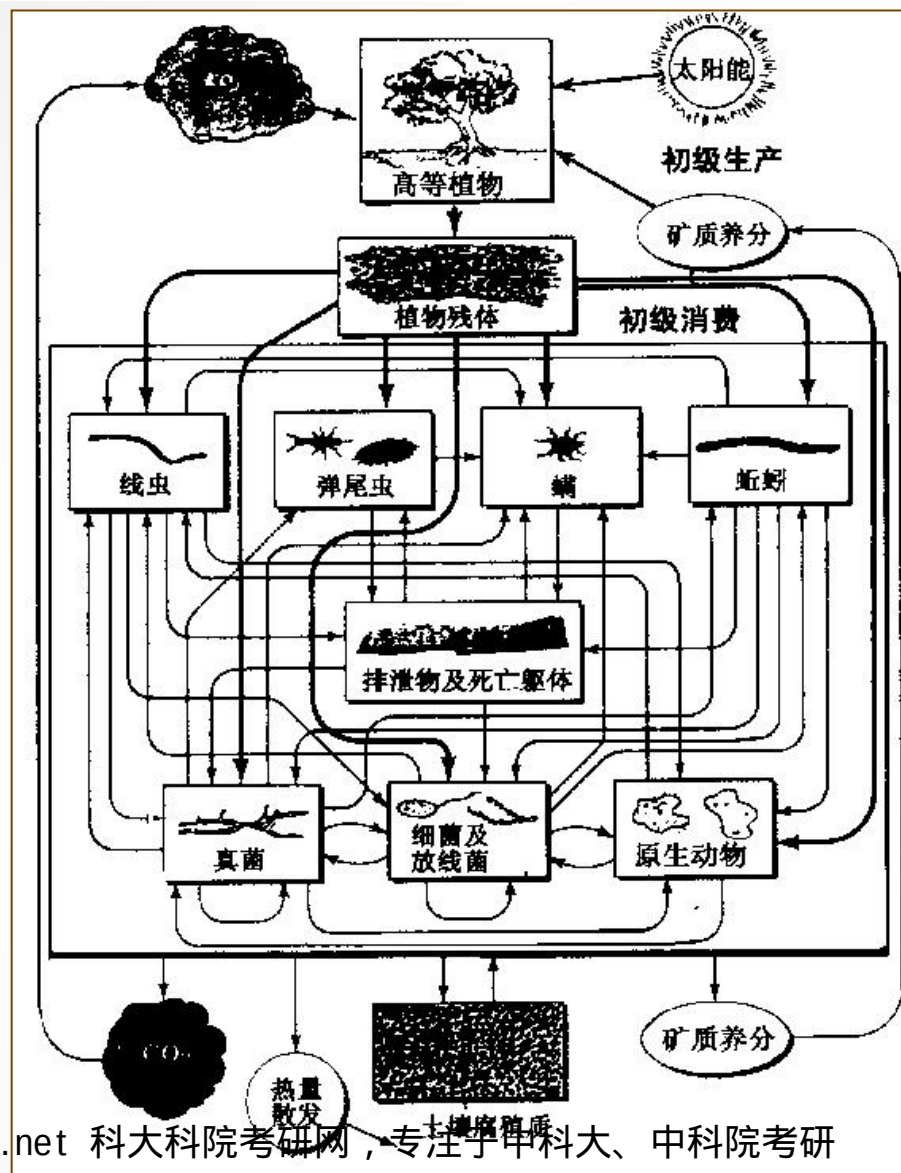
第一节 土壤生物种类及其多样性

- **土壤生态系统和生物学过程的特征：**
 - **1、**在时空上的变异。新鲜底物上的生物活性的变化则是随时间的变化而不同的。
 - **2、**生态系统具有在时空上的等级结构。
 - **3、**瞬间事件：由于微生物活动的动态变化有时很大，瞬间事件可在机短的时间内影响其活性。如干湿和冻融交替。

动物 (F) 全部自养 高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问： www.kaoyancas.net	
大型动物：主要食草和食腐性	
脊椎动物	田鼠
节肢动物	白蚁、甲虫及其幼虫、千足虫
环节动物	蚯蚓
软体动物	蜗牛、蛞蝓
主要捕食性	
脊椎动物	鼯鼠、蛇
节肢动物	蜘蛛、
中型动物：主要食腐性	
节肢动物	螨、弹尾虫(跳虫)
环节动物	线蚓
主要捕食性	螨
微型动物：食腐性、捕食性、食真菌、细菌	
原生动物	线虫
	变形虫、纤毛虫
高等植物：自养	植物根、根毛、
微生物：	
主要自养	褐藻、二元体
异养	
真菌	酵母、霉菌、蘑菇
放线菌	链霉菌等
异养和自养	
细菌	好气细菌、厌气细菌
蓝细菌	蓝细菌

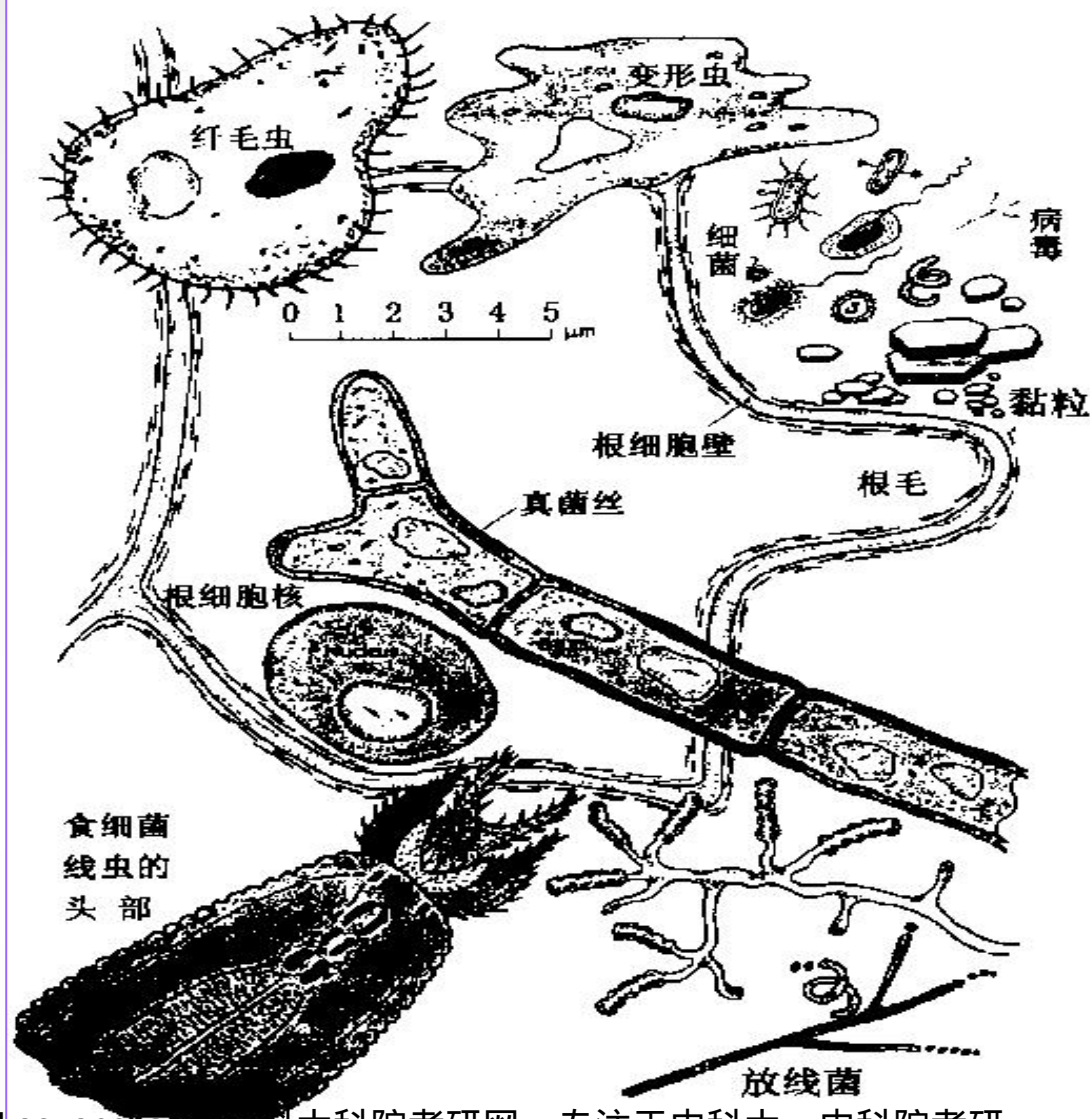
第一节 土壤生物种类及其多样性

图4-1-2 土壤食物网的简化示意图



第一节 土壤生物种类及其多样性

图1-1 土壤生物的主要类群示意图



第一节 土壤生物种类及其多样性

二、土壤生物类型的多样性

土壤生物有：

多细胞的后生动物

单细胞的原生动物

真核细胞的真菌（酵母、霉菌）和藻类

原核细胞的细菌、放线菌和蓝细菌

没有细胞结构的分子生物（如病毒）

第一节 土壤生物种类及其多样性

土壤生物的种类：

土壤生物

微生物

动物

植物

第一节 土壤生物种类及其多样性

一、后生动物

土居性的多细胞动物：

线虫、蠕虫、蚯蚓、蛞蝓、蜗牛、千足虫、蜈蚣、
轮虫、蚂蚁、螨、环节动物、蜘蛛和昆虫



第一节 土壤生物种类及其多样性

1、蚯蚓

数量

大约有200余种。在肥沃的草地土壤中每平方米可达500条。在以般耕地中，每平方米有30-300条。

蚯蚓对土壤肥力的影响：

- 增加土壤的通透性。
- 改善土壤结构
- 活化土壤养分
- 形成大量有机质

蚯蚓喜欢潮湿、肥沃、钙质丰富的土壤



正在交配的蚯蚓

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

屎克郎推粪球



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

第一节 土壤生物种类及其多样性

土壤是许多昆虫发育的摇篮 请看精彩的昆虫世界一



第一节 土壤生物种类及其多样性



第一节 土壤生物种类及其多样性

2、线虫

- * 体形呈纺锤形，后部较尖，微型、透明的丝状动物。一万多种线虫，寄生或自生。1000种生活在土壤中，
 - * 数目可达 10^6m^{-2} ，一般只有棉线的1/5粗，主要生活在土粒周围的水膜中和植物的根里。
-
- * **习性** 表皮失水很快，干燥时变为胞囊，湿润时又重新活动。
 - * **食性可分为三类：**
 - 1、以腐败的有机质为食的
 - 2、以其他线虫、细菌、原生动物为食的
 - 3、寄生在高等植物根系的

第一节 土壤生物种类及其多样性

所有的线虫都需要取食活的有机物质。

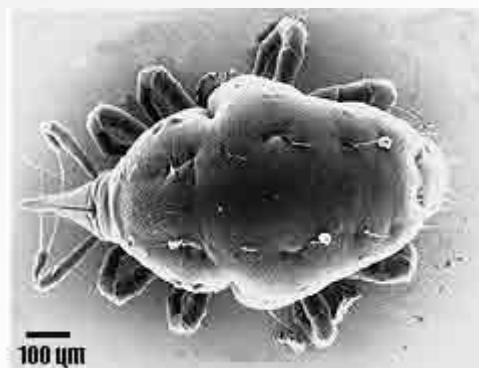
取食方式有两种：

- 1、刺吸式 吸食真菌、细菌，吸食的原生质。
- 2、把细菌整个吞下。食细菌线虫每年取食细菌的数量可达 800kg ha^{-1} ，吞食进的细菌仅有40-60%被破坏吸收，剩余的大部分又通过粪便排泄到土壤中，并且变得更加活跃。

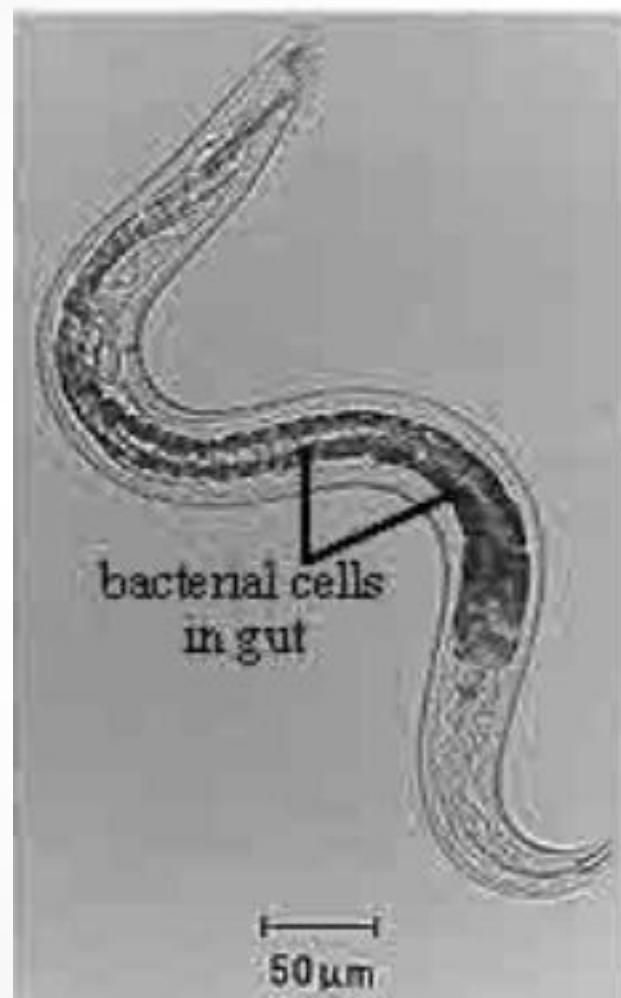
线虫对植物的侵害非常广泛。包括番茄、豌豆、胡萝卜、苜蓿、草皮。如发育为虫瘿、结节、畸形根等

第一节 土壤生物种类及其多样性

线虫 →



↑
螨 (mite)





第一节 土壤生物种类及其多样性

二、原生动物

* 数量有68000多种。一般在每平米15厘米深的土壤里有10-100亿个(1-10万个/克土)原生动物，它们的活重在耕层达150-200磅/每英亩。

* 原生动物是动物中最低级的。

* 典型种类有：

变形虫
纤毛虫
鞭毛虫
孢子虫

土壤中以鞭毛虫数量最多。

第一节 土壤生物种类及其多样性

原生动物的特点是：

- A、单细胞，结构简单，数量大，分布广
- B、既可有性生殖，也可无性生殖在一定条件下可形成孢囊
- C、与生者相比，个体较小，不同土壤中种类不同，但一般均为表层较多。



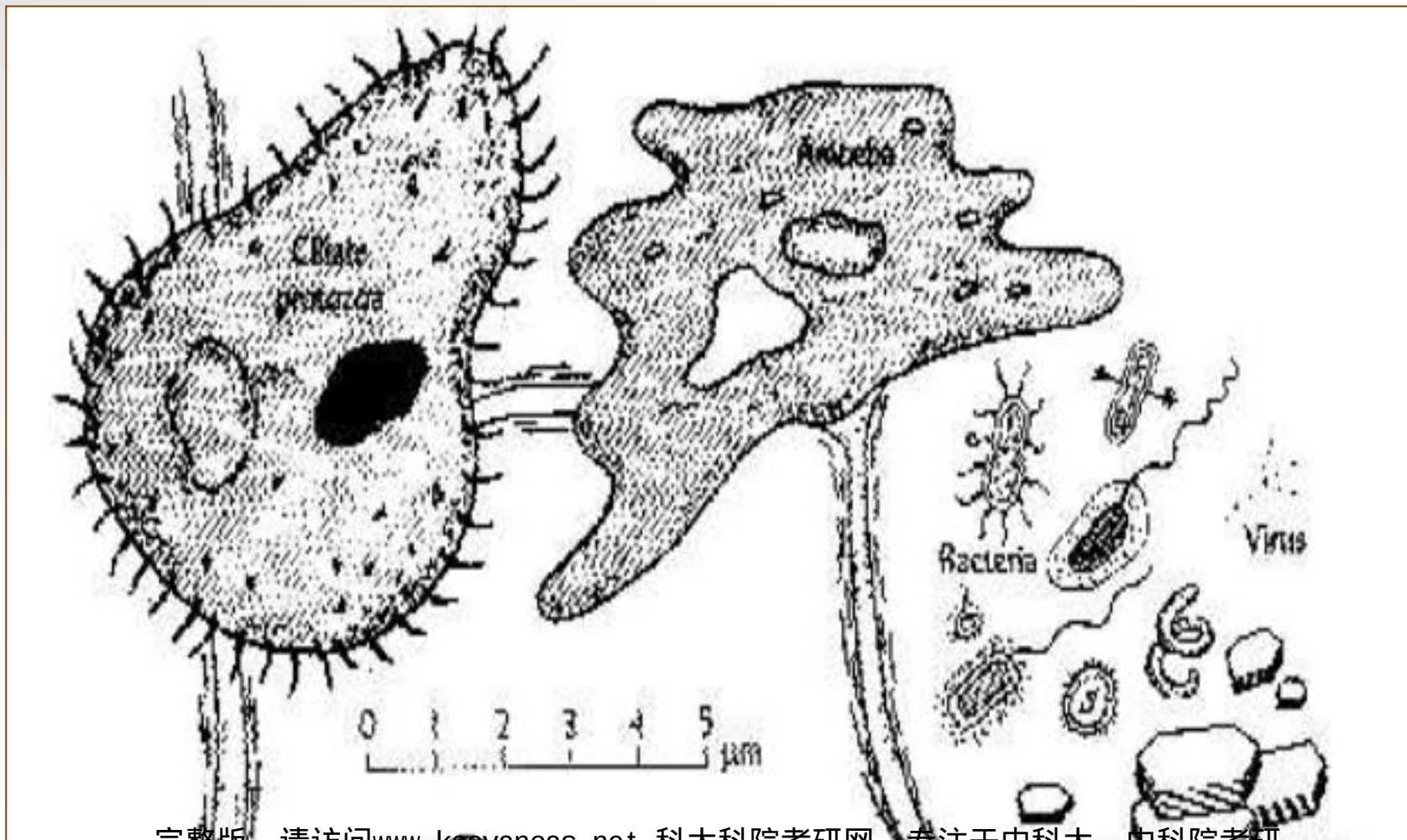
第一节 土壤生物种类及其多样性

原生动物在土壤中的作用：

- 1、通过选择性的取食某些微生物(如细菌)，改变微生物的群落结构，主要是**调节细菌的数量**。
- 2、**增进某些微生物的活性**(如固N菌、排泄出的细菌等)
- 3、**参与土壤植物残体的分解**，如鞭毛虫与白蚁共生，加速对木质素的分解。
- 4、某些原生动物也**侵害植物**，造成植物病害，有的可引起严重的人畜传染病。

第一节 土壤生物种类及其多样性

原生动物



第一节 土壤生物种类及其多样性

三、微生物

土壤中微生物

分布广

数量大

种类多

最活跃



它们参与土壤有机质分解，腐殖质合成，养分转化和推动土壤的发育和形成。

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

第一节 土壤生物种类及其多样性

土壤微生物：

土壤是微生物生活的大本营

1公斤土壤可含：
5亿个微小动物。
5亿个细菌，
近10亿个真菌
100亿个放线菌

单体数量最多

生物多样性最复杂

生物量最大





第一节 土壤生物种类及其多样性

第一节 土壤生物种类及其多样性

土壤微生物：

主要作用：

- 调节植物生长的养分循环；
- 产生并消耗各种气体，影响全球气候的变化；
- 分解有机废弃物，
- 是新物种和基因材料的源和库。
- 病原微生物。

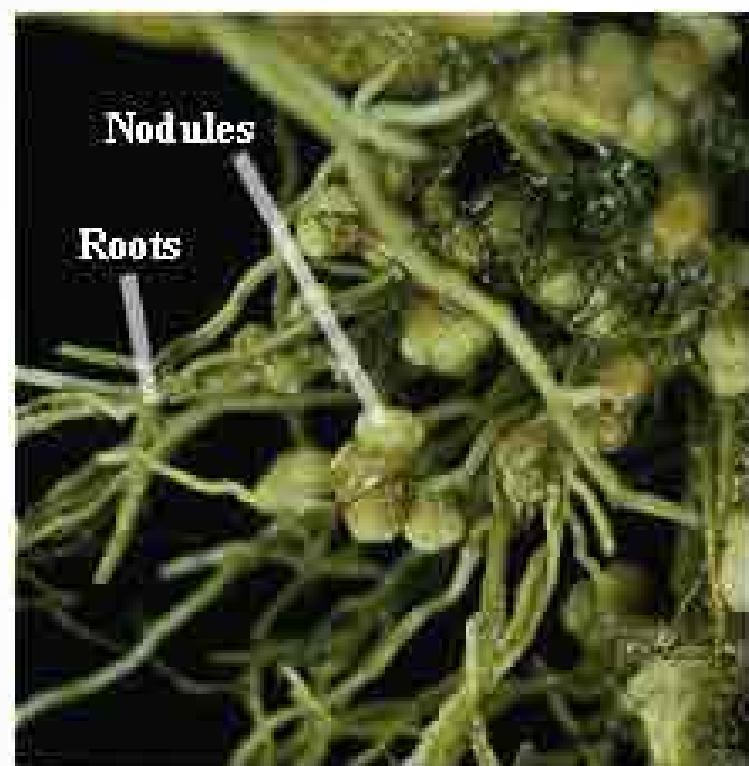
第一节 土壤生物种类及其多样性

病原微生物对植物的危害：



草原局部溃疡

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



根部癭瘤

第一节 土壤生物种类及其多样性

二、土壤微生物种群的多样性

(一) 原核微生物

1、古细菌

古细菌包括甲烷产生菌、极端嗜酸热菌和极端嗜盐菌

现已探明生物适应特殊环境因子的遗传基因 普遍存在于质粒上。因此，有可能把这类生活在极端环境的古细菌作为特殊基因库，用以构建有益的新种。

第一节 土壤生物种类及其多样性

2、细菌

土壤细菌占土壤微生物总数的70%~90%

特性：

- A、单细胞
- B、分裂生殖快
- C、个体小(4-5um)，接近于土壤粘粒的大小。
- D、以杆菌占优势
- E、数量大，每克有几亿到30亿个

10g肥沃土壤的细菌总数相当于全球人口的总数

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

第一节 土壤生物种类及其多样性

(1) 节杆菌属 (*Arthrobacter*)

- ① 很强的抗旱性，土壤经过15天干燥，芽孢细菌仅剩1/3左右，其他细菌几乎全部消失，而节杆菌仍保持90%的存活率。
- ② 很强的耐饿性和广食性，可降解土壤中难分解的物质和多种化学农药。

第一节 土壤生物种类及其多样性

(2) 芽孢杆菌属 (*Bacillus*)

土壤中最普遍的是蜡质芽孢杆菌 (*B. cereus*)。热带和亚热带土壤中的绝对嗜热菌能在65~75℃生长，40℃以下停止生长，如酸热芽孢杆菌 (*B. acidocaldarius*) 和嗜热脂肪芽孢杆菌 (*B. stearothermophilus*)，对高温环境中的物质转化起重要作用。

第一节 土壤生物种类及其多样性

(3) 假单胞菌属 (*Pseudomonas*)

一部分为腐生菌，一部分兼性寄生菌，是土传性植物病害的病原菌。

青枯假单胞菌 (*Ps. solanacearum*) 是茄科植物病原菌

托拉氏假单胞菌 (*Ps. tolasii*) 是蘑菇褐斑病的病原菌

嗜冷性假单胞菌是冷藏食品、制品的有害菌。

在降解土壤、水体中的农药和除草剂处理石油废水中能发挥重要作用。

第一节 土壤生物种类及其多样性

(4) 土壤杆菌属 (*Agrobacterium*)

(5) 产碱杆菌属 (*Alcaligenes*)

反硝化产碱杆菌 (*Al. denitrificans*)，在硝酸盐存在的厌氧条件下，靠氧化有机质取得能源，并以硝酸盐中的氧作为电子受体而产生氮气。

(6) 黄杆菌属 (*Flavobacterium*)

化能异养菌，培养时需要某些氮素物质和复合维生素，因而分离后的培养物难以保存和培养。能用于净化污水。

第一节 土壤生物种类及其多样性

土壤中重要的各种细菌生理群：

- 纤维分解细菌
- 固氮细菌
- 硝化细菌
- 亚硝化细菌
- 硫化细菌
- 氨化细菌

在土壤碳、氮、磷、硫循环中担当重要的角色。

第一节 土壤生物种类及其多样性

细菌菌落



根瘤



第一节 土壤生物种类及其多样性

3、放线菌

- ☆ 放线菌也是原核微生物，菌丝比真菌细，菌丝断裂为孢子
每克土壤中的细胞数在 $10^4 \sim 10^6$ 变动。
- ☆ 链霉菌属，占70%~90%；其次为诺卡氏菌属占10%~30%；
小单胞菌属占第三位，只有1%~15%。它们的大部分均属
好氧腐生菌。
- ☆ 产生抗生素，对其他有害菌能起拮抗作用。
- ☆ 高温型的放线菌在堆肥中对其养分转化起着重要作用。

第一节 土壤生物种类及其多样性

4、蓝细菌（Cyanobacterium）

- ☆ 光合微生物，行光能无机营养，过去称为蓝（绿）藻。
- ☆ 由于原核特征现改称为蓝细菌，与真核藻类区分开来。

5、粘细菌

- ☆ 在施有机肥料的土壤中常见。
- ☆ 粘细菌是已知的最高级的原核生物，具备形成子实体和粘孢子的形态发生过程。
- ☆ 具有很强的抗逆性。

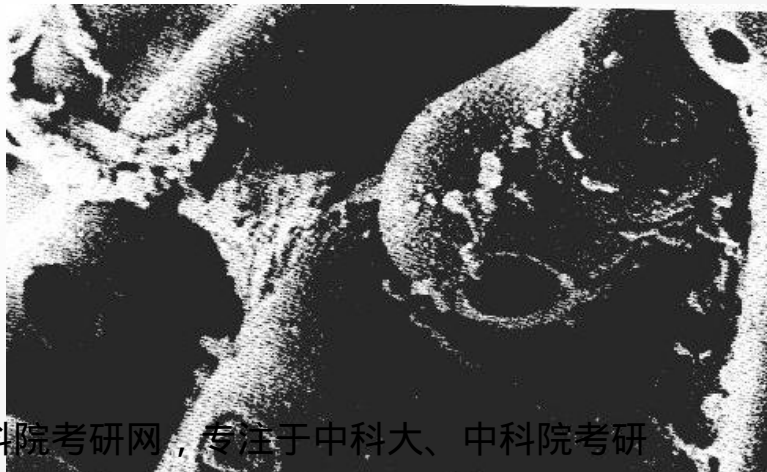
第一节 土壤生物种类及其多样性

(二) 真核微生物

1、土壤真菌

有170个属，690多个种，
分三个类群：

- A、酵母菌 土壤中很少
- B、霉菌 土壤中最多
- C、伞菌



第一节 土壤生物种类及其多样性

土壤真菌

青 霉 属 (Penicillium)

曲 霉 属 (Aspergillus)

镰刀菌属 (Fusarium)

木 霉 属 (Trichoderma)

毛 霉 属 (Mucor)

根 霉 属 (Rhizopus)

第一节 土壤生物种类及其多样性

霉菌

- 对土壤通气性非常敏感，
- 霉菌在酸性土壤中能生活，在酸性土壤中具有明显的优势。
- 霉菌多数分布在有机质丰富，通气好的表层土壤中，
- 较常见的有青霉、毛霉、链霉、和曲霉四个属的许种。
- 霉菌的数量在正常情况下，每克土壤中有0.1-1百万个，相当于每平方米100-1000亿个，其生物量可达每英亩500- 5000磅。
- 霉菌是土壤中异养型微生物的重要部分。

第一节 土壤生物种类及其多样性

真菌在土壤中的作用

- 是土壤有机质的主要降解者。
- 某些真菌和植物的根系产生菌根。
- 促进土壤结构的形成，菌丝的穿插
对于促进土壤的凝聚有重要的作用。

第一节 土壤生物种类及其多样性

真菌菌落



第一节 土壤生物种类及其多样性

真菌孢子



第一节 土壤生物种类及其多样性

2、藻类

藻类为单细胞或多细胞的真核原生生物。

土壤藻类主要由硅藻、绿藻和黄藻组成。

肥沃土壤，藻类生长旺盛，土表常出现黄褐色或黄绿色的薄藻层，硅藻多则是土壤营养丰富的证明。

第一节 土壤生物种类及其多样性

3、地衣 (Lichens)

地衣是真菌和藻类形成的不可分离的共生体。

地衣在土壤发生的早期起重要作用。

第一节 土壤生物种类及其多样性

(三) 非细胞型生物即分子生物—病毒

病毒是一类超显微的非细胞生物，每一种病毒只有一种核酸。

病毒是一种活细胞内的寄生物，凡有生物生存之处，都有其相应的病毒存在。

病毒在控制杂草及有害昆虫的生物防治方面已显示出良好的应用前景。

第一节 土壤生物种类及其多样性

第二节 影响土壤微生物活性的环境因素

一、温度

表 3—2 按生长温度划分的微生物类型

类 型		温度 (°C) 界限			生 境
		最 低	最 适	最 高	
低温型	专性嗜冷	0 以下	15 以下	20 以下	极地或大洋深处
	兼性嗜冷	0 上下	20~30	35	海水和冷藏箱，寒冷地带冻土
中温型		0 上下	25~40	50	哺乳动物生活的地方，土壤表层以下的耕作层
高温型	嗜 热	30	45~60	70	温泉、堆肥和土壤表层
	极端嗜热	30	80~90	100 以上	热泉、地热喷口、海底火山口、热带土壤表层

第一节 土壤生物种类及其多样性

二、水分及其有效性

只有少数微生物能在较高渗透压溶液中生长发育，这些微生物称为嗜渗菌 (Osmophiles) 或嗜盐菌 (halophiles)，极端嗜盐菌 (extreme halophiles) 甚至能在15%~30%盐浓度时生活。

一般在土壤含水量为田间持水量的50-80%之间较好。

第一节 土壤生物种类及其多样性

三、pH

大多数细菌、藻类和原生动物的最适宜的pH值为6.5~7.5，在pH4.0~10.0也可以生长。

放线菌一般在微碱性即pH7.5~8.0最宜。

酵母菌和霉菌则适宜于pH5.0~6.0的酸性环境，而生存范围可在pH5.0~9.0之间。

第一节 土壤生物种类及其多样性

四、氧气和Eh值

好氧性微生物需要在有氧气或氧化还原电位高，Eh值为100mv以上的条件下生长，最适Eh值为300~400mv。

厌氧性微生物必须在缺氧或氧化还原电位Eh值100mv以下的条件下生长。

第一节 土壤生物种类及其多样性

五、生物因素

土壤中微生物按照来源不同，可分为两种类型

- 土居性 (土生土长的)
- 客居性 (外来的)

土居性微生物本身也存在互生、共生、拮抗现象，它们间的互为生存、互相制约使土壤微生物多样性，如后生动物破碎枯枝落叶，为原生动物提供食料，为微生物进行分解创造了条件。

第一节 土壤生物种类及其多样性

六、土壤管理措施

(一) 土壤耕作

个案：Doran(1980)在美国内布拉斯加州研究了免耕土壤和常规耕土壤中两种土壤层中的微生物数量的比值发现免耕土壤的好氧菌和硝化细菌数量明显减少。

(二) 杀生剂和其他化学制剂

杀菌剂、熏蒸剂及其杀伤力强的化学剂可造成土壤微生物区系的破坏，应禁用或慎用。

第三节 土壤微生物区系的发生和分类

一、不同类型土壤中微生物的数量和分布

黑钙土 > 棕壤 > 灰壤 > 水稻土 > 砖红壤

表 3—6 用直接测数法测定前苏联土壤中的微生物数量

土壤类型	土壤状况	1g 土壤中的微生物总数
灰 壤	生荒土	$3.0 \times 10^8 \sim 6.0 \times 10^8$
森林灰化土	生荒土	$6.0 \times 10^8 \sim 1.0 \times 10^9$
	熟化土	$1.0 \times 10^9 \sim 2.0 \times 10^9$
黑钙土	生荒土	$2.0 \times 10^9 \sim 2.5 \times 10^9$
	熟化土	$2.5 \times 10^9 \sim 3.0 \times 10^9$
灰钙土	生荒土	$1.2 \times 10^9 \sim 1.6 \times 10^9$
	熟化土	$1.8 \times 10^9 \sim 3.0 \times 10^9$

第三节 土壤微生物区系的发生和分类

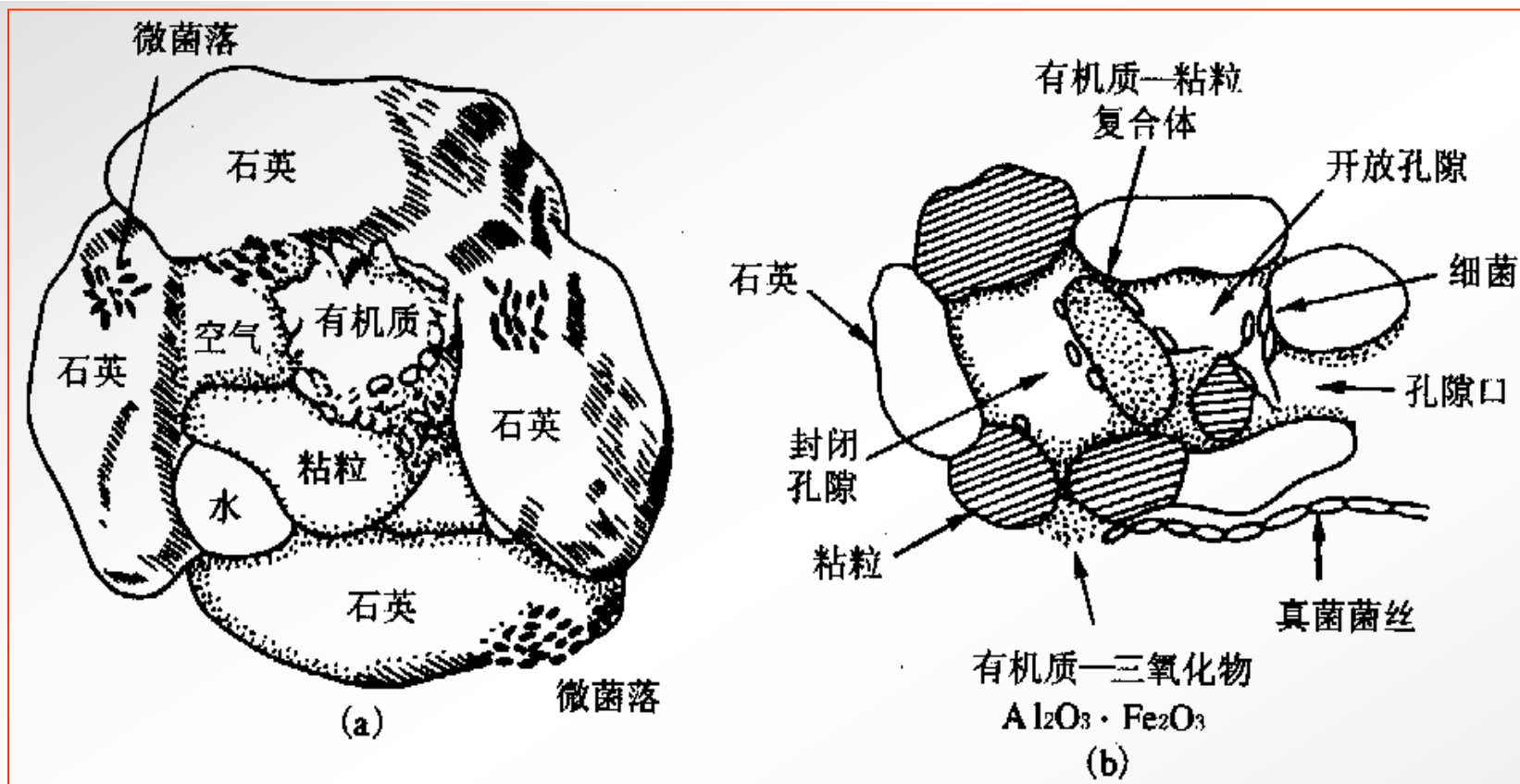


图3—2 土壤团聚体中的细菌微菌落

(a) 示微菌落和矿物质颗粒等

(b) 示团聚体的微孔与结构 (引自Atlas, 1987)

第三节 土壤微生物区系的发生和分类

各种团聚体是微生物在土壤
中生活的微环境。

团聚体内外的条件不同，微
生物的分布也不一样。

第三节 土壤微生物区系的发生和分类

二、微生物与植物的关系

（一）根圈（际）微生物

根圈（rhizosphere）或根际，泛指植物根系及其影响所及的范围。根圈微生物与植物的关系更加密切。

根/土比值（R/S）：即根圈土壤微生物与邻近的非根圈土壤微生物数量之比。根土比一般在50~20之间。

实行作物轮作，改变根圈微生物种群，有减轻或消除病害的作用，消除土壤疾病。

第三节 土壤微生物区系的发生和分类

(二) 菌根

真菌的菌丝侵入植物根部后，和植物根组织生活在一起，称为菌根。

其真菌称为**菌根真菌**



菌根又分为两类：

外生菌根---菌丝侵入根部后，只在表皮细胞间隙扩展，并不侵入根细胞内部，这种菌根称为**外生菌根**。

第三节 土壤微生物区系的发生和分类

外生菌根对寄主植物的作用有：

①扩大寄主植物根的吸收面。菌根真菌能产生生长刺激素，促进植物生长。

②防御林木根部病害，起机械屏障，防御病菌侵袭。产生抑制病菌的抑菌物质和抗生素类物质。

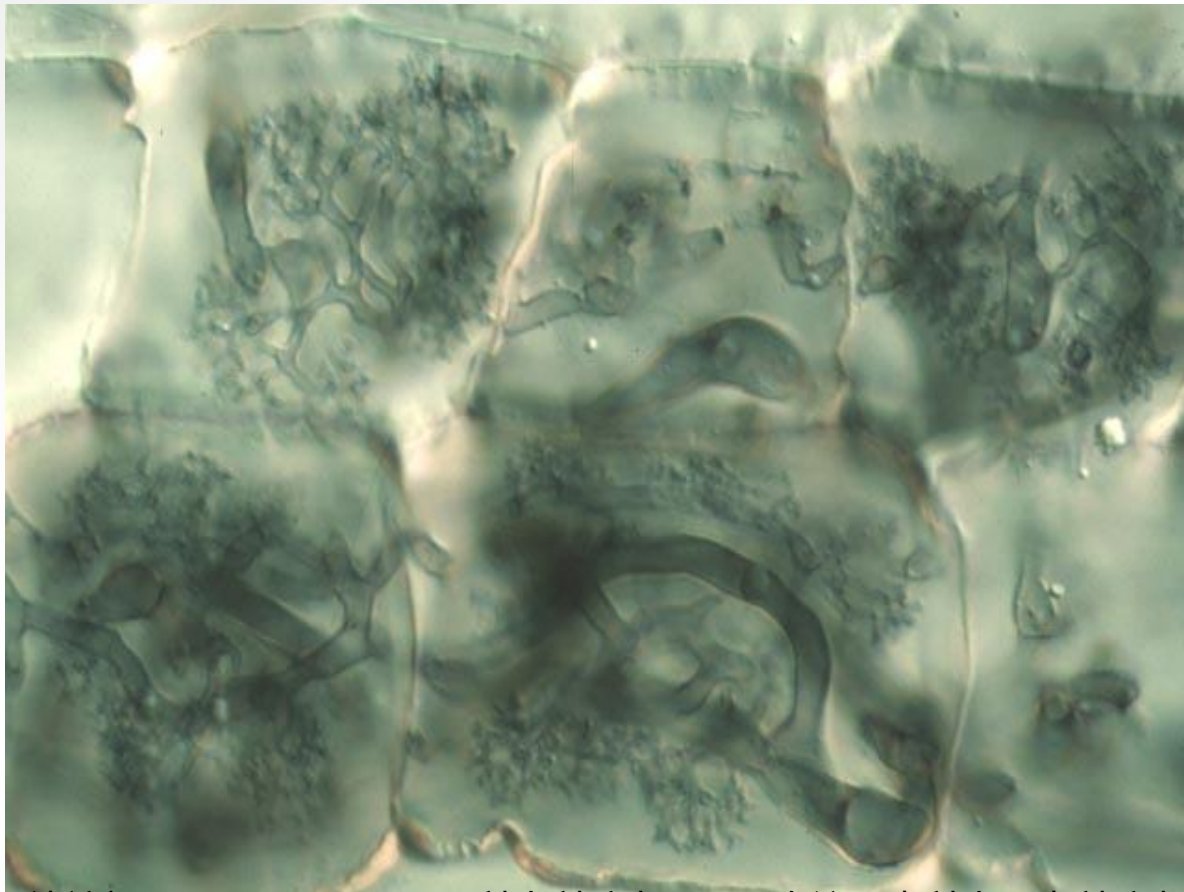
第三节 土壤微生物区系的发生和分类

内生菌根---- VA菌根是内生菌根的主要类型，主要由真菌中的内囊霉科侵染，形成泡囊—丛枝菌根 (Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza, VAM)。

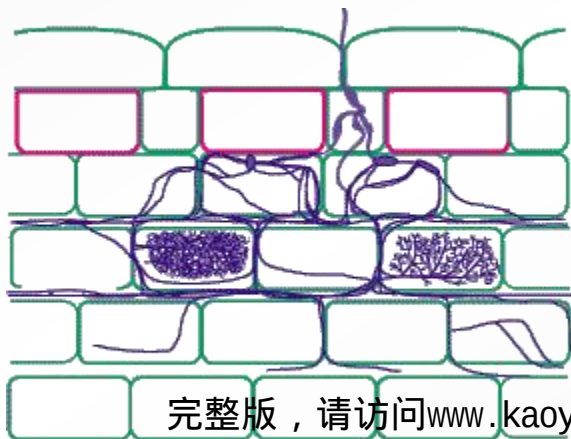
菌丝侵入根细胞内部，主要发生在许多未受外生菌根感染的种子植物以及热带林树种的根上，如玉米、洋葱、红三叶草、草莓及一些灌木和乔木包括枫树、黄白杨、苏百合、红木和苹果树。

第三节 土壤微生物区系的发生和分类

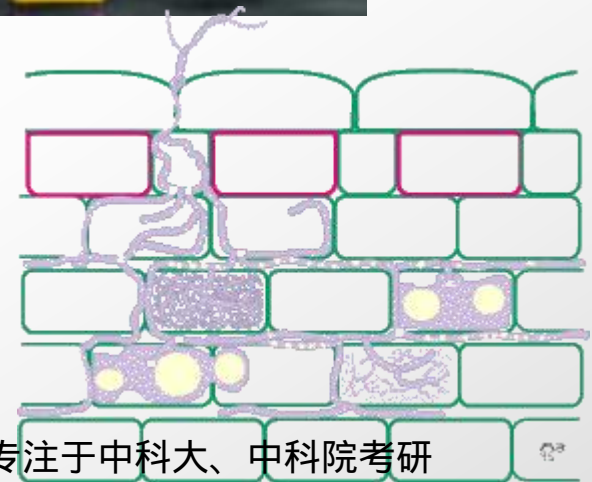
内生菌根



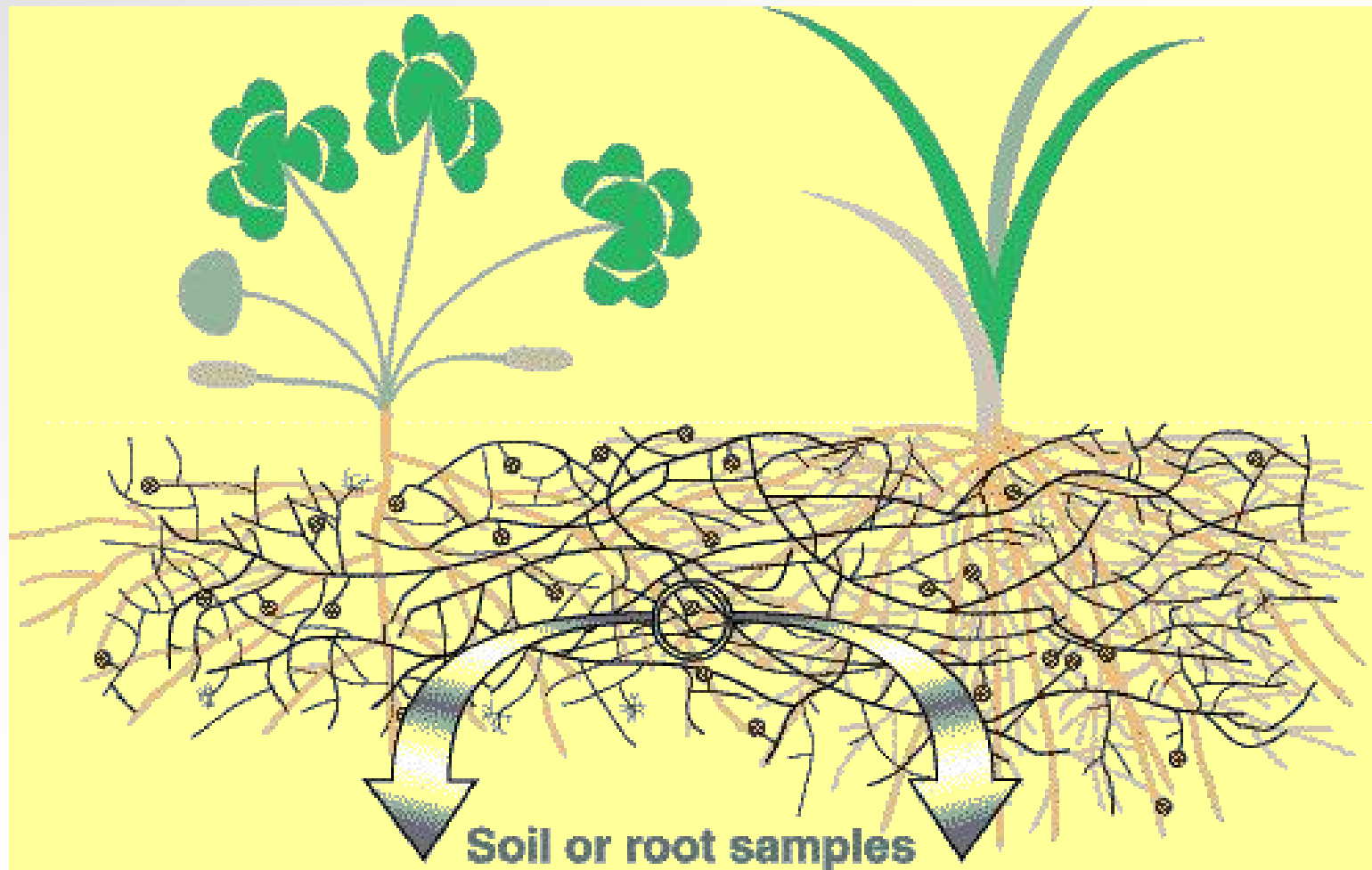
第三节 土壤微生物区系的发生和分类



丛枝菌根



第三节 土壤微生物区系的发生和分类



菌丝桥—物质交换

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



第三节 土壤微生物区系的发生和分类

(三) 共生固氮

(四) 联合固氮

第四节 土壤生物活性及微生态平衡

一、土壤酶

（一） 在土壤中已发现50~60种酶，比较重要的酶：

氧化还原酶、转化酶和水解酶。

（二） 酶在土壤中存在状态及特性

土壤酶较少游离在土壤溶液中，主要是吸附在土壤有机和矿质胶体上，并以复合物状态存在。

（三） 环境条件对土壤酶活性的影响

第四节 土壤生物活性及微生态平衡

二、生物活性物质

- (一) 植物激素
- (二) 植物毒素
- (三) 维生素和氨基酸
- (四) 多糖



第四节 土壤生物活性及微生态平衡

三、土壤的微生态平衡

1、土壤微生物之间的竞争

A、对养分的竞争

B、抗生素的产生

C. 对氧气的竞争

2、土壤条件对土壤微生物群落的制约

3、转基因产品对土壤微生态平衡的影响

第四节 土壤生物活性及微生态平衡

土壤生物对土壤肥力的影响：

有机物质的分解和合成

有效养分含量

土壤物理结构

作物生长发育

第三章 土壤生物

参考文献

- 李阜棣，1996，土壤微生物学，北京：中国农业出版社
- 陈文新，1990，土壤和环境微生物学，北京：北京农业大学出版社
-
- E. A. PAUL and F. E. CLARK; 1996,
Soil Microbiology and Biochemistry (second
edition). Academic Press
-
- E. A. PAUL and F. E. CLARK: 1989,
Soil Microbiology and Biochemistry. Academic
Press

第四节 土壤生物活性及微生态平衡

本章小结

- 了解土壤生态系统的基本特征和地位。
- 重点了解土壤中的常见的生物的基本特性；联系实际经验，认识土壤生物对农业生产的重要性。
- 了解土壤生物在土壤中的分布及其生物活性。重点
- 掌握一些核心概念。
- 正确认识土壤微生态平衡的含义、内容和意义。

第四节 土壤生物活性及微生态平衡

复习题

一、名词

土壤生态系统	土壤微生物	菌根	根圈
R/S比	共生固氮	联合固氮	土壤酶

二、思考题

- 1、土壤生态系统的特点是什么？
- 2、土壤中主要有哪些生物？请举例说明。
- 3、蚯蚓对土壤肥力有何影响？
- 4、微生物在土壤肥力上的重要性是什么？

课堂测验（CHP03）

1. 土壤生态系统中，生产者很少而分解者很多（ ）
2. 大水漫灌会造成土壤生物种群结构的变化（ ）
3. 霉菌属于真核生物而放线菌属于原核生物（ ）
4. 真菌适宜在碱性条件下生长而放线菌适宜在酸性环境（ ）
5. 根际的微生物数量比非根际多（ ）
6. 根瘤是一特殊的菌根（ ）
7. 酸性土壤中的蚯蚓数量较中性钙质土壤中少（ ）
8. 真菌和放线菌都产生抗生素（ ）
9. 泡菜发霉则不易变酸，反之亦然（ ）
10. 外生菌根长在根表以外，他们是寄生生物（ ）



Thank You !