

植物学 (Botany)

第六章 菌物

刘蔚秋
中山大学



§ 1. 概论

一、概念

- 菌物(Fungus, Fungi, pl.)是一群具有真核，没有光合色素，营异养生活，由球形单细胞或多细胞丝体体构成的生物，其以孢子 (Spore) 繁殖为主。

二、营养方式：异养

- 寄生：从活的生物组织中吸收营养。
- 腐生：从死的有机体或腐殖质中吸收营养
- 共生：从活的生物组织中吸收营养的同时为宿主提供一定的帮助。

➤ 兼性腐生：寄生为主兼性腐生

➤ 兼性寄生：腐生为主兼性寄生

• 寄生和腐生并无严格的界线，很多真菌先寄生于活体上，待活体死亡之后这些真菌仍继续生活，此时寄生转为腐生。

三、分类

➤ 类菌物 Fungus-like organisms

- (1) 粘菌门(Myxomycota)
- (2) 植黏菌门(Phytophyxea)
- (3) 卵菌门(Oomycota)

➤ 大型菌物 Macrofungi

- (1) 隐真菌门(Cryptomycota)
- (2) 微孢子虫门 (Microsporidia)
- (3) 芽枝霉门(Blastocladiomycota)
- (4) 壶菌门(Chytridiomycota)
- (5) 捕虫霉门(Zoopagomycota)
- (6) 毛霉门 (Mucoromycota)
- (7) 子囊菌门 (Ascomycota)
- (8) 担子菌门(Basidiomycota)

自然界菌物约220万种，
实定种的不足15万种，我国
被记录的1万多种。

Linnaeus 1735 ^[1]	Haeckel 1866 ^[27]	Chatton 1925 ^{[28][29]}	Copeland 1938 ^{[30][31]}	Whittaker 1969 ^[7]	Woese et al. 1977 ^{[10][32]}	Woese et al. 1990 ^[33]	Cavalier-Smith 1993 ^{[34][35][36]}	Cavalier-Smith 1998 ^{[37][15][38]}	
2 kingdoms	3 kingdoms	2 empires	4 kingdoms	5 kingdoms	6 kingdoms	3 domains	8 kingdoms	6 kingdoms	
<i>(not treated)</i>	Protista	Prokaryota	Monera	Monera	Eubacteria	Bacteria	Eubacteria	Bacteria	
					Archaeobacteria	Archaeobacteria	Archaeobacteria		
			Protoctista	Protista	Protista	Protista		Protozoa	Protozoa
								Chromista	Chromista
Vegetabilia	Plantae	Eukaryota	Plantae	Plantae	Plantae	Eucarya	Plantae	Plantae	
				Fungi	Fungi		Fungi	Fungi	
Animalia	Animalia		Animalia	Animalia	Animalia		Animalia	Animalia	

粘菌门

植黏菌门
卵菌门

Fungi

§ 1. 粘菌门 Myxomycota

一、粘菌门

(一) 主要特征

1、介于动物与真菌之间的一群生物：

- 在生长期或营养期为裸露的无细胞壁多核的原生质团（变形体），其营养体构造、运动及摄食方式与变形虫相似。
- 孢子囊的外表有一层包被包围着孢子囊，孢子具纤维素壁。

2、生境：大多生于森林中阴暗、潮湿的腐木、落叶或其它湿润的有机物上。

仅1纲 黏菌纲 Myxomycota 含6目74属1000余种

(二)、代表种类

1、发网菌属 *Stemonitis* 常见而分布广泛的类群，属发网菌目 *Stemonitales*。

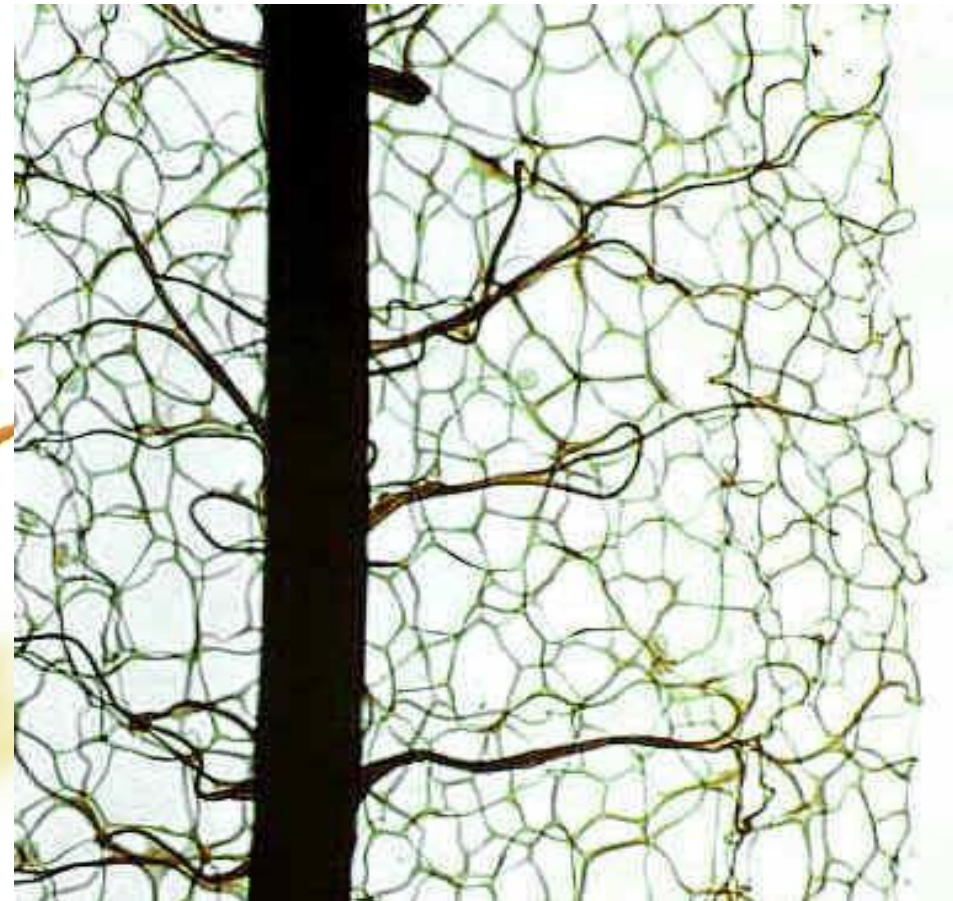
(1) 营养体为裸露的原生质团，称变形体或多核体，变形体呈不规则的网状，直径数厘米，在阴湿处的腐木上或枯叶上缓缓爬行



(2) 无性生殖：繁殖时，形成很多具柄的孢子囊（子实体）

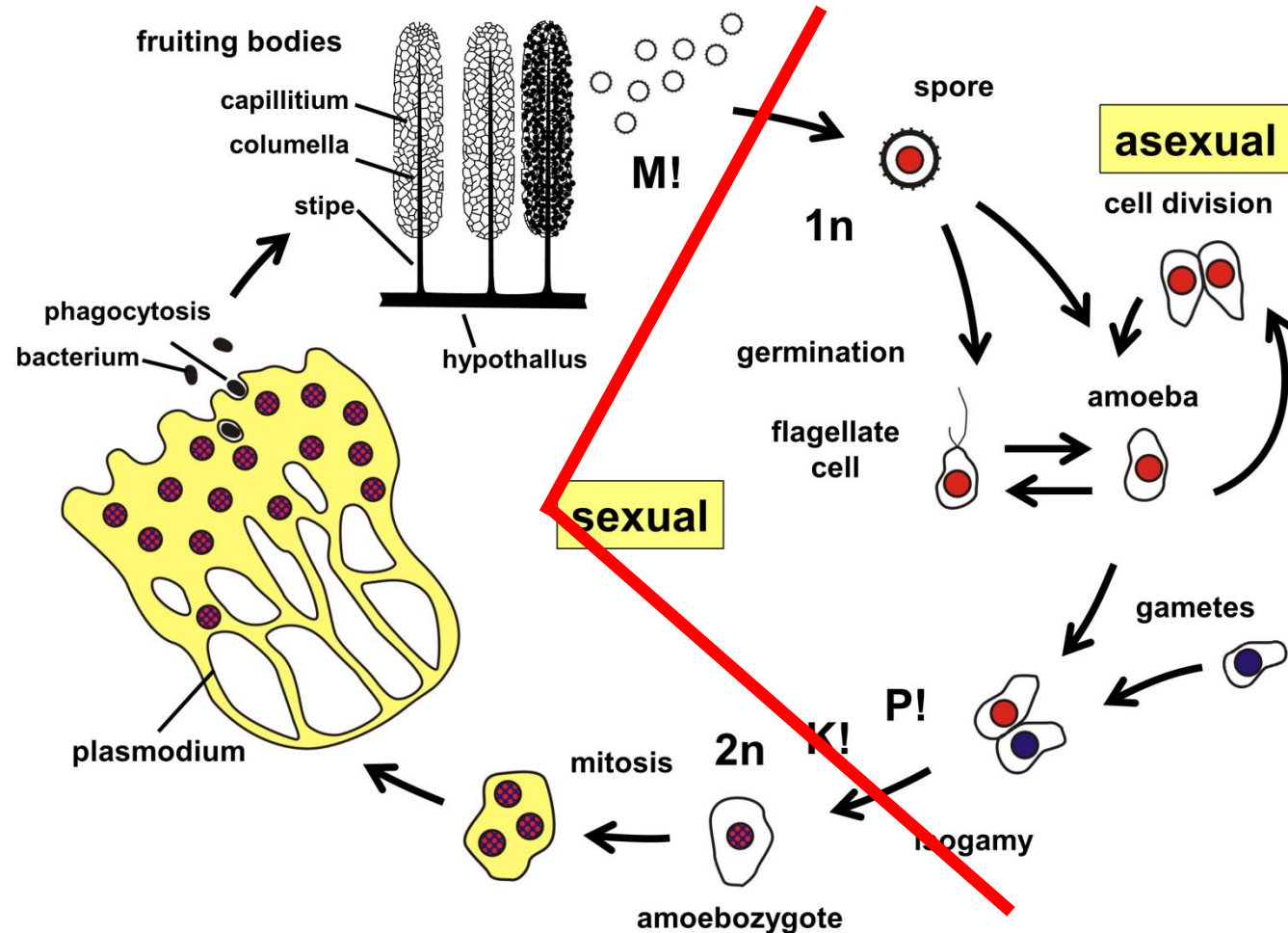


(2) 无性生殖：繁殖时，形成很多具柄的孢子囊（子实体）。长筒形，外有包被，孢子囊柄伸入囊内的部分称囊轴。囊内有孢丝交织成网，然后原生质团中的核行减数分裂，原生质团割裂成许多块单核的小原生质，每块小原生质分化出细胞壁，形成一个孢子，藏在孢丝的网眼中，成熟时包被破裂，借助孢网的弹力把孢子弹出。孢子萌发孔出式。



(3) 孢子在合适的条件下萌发为具2条不等长鞭毛的游动细胞，鞭毛尾鞭型，游动细胞的鞭毛可以收缩，使游动细胞变成一个变形体状细胞(变形菌胞 myxamoeba)。

(4) 有性生殖：游动cell或变形菌胞两两配合 合子不休眠，经过多次核分裂形成多核的变形体。





Physarum spp. 绒泡粘菌



Physarum nutans 绒泡菌



Tubifera ferruginosa 筒粘菌

Sanamyan.com



Comatricha nigra 黑发黏菌

Sanamyan.com

Dictydium spp. 灯笼菌属



© glb



Trichia decipiens 长尖团毛菌



鹅绒菌科

鹅绒菌 *Ceratiomyxa fruticulosa* (O.F. Müll.) Macbr.

§ 2 植黏菌门 (Phytophyta)

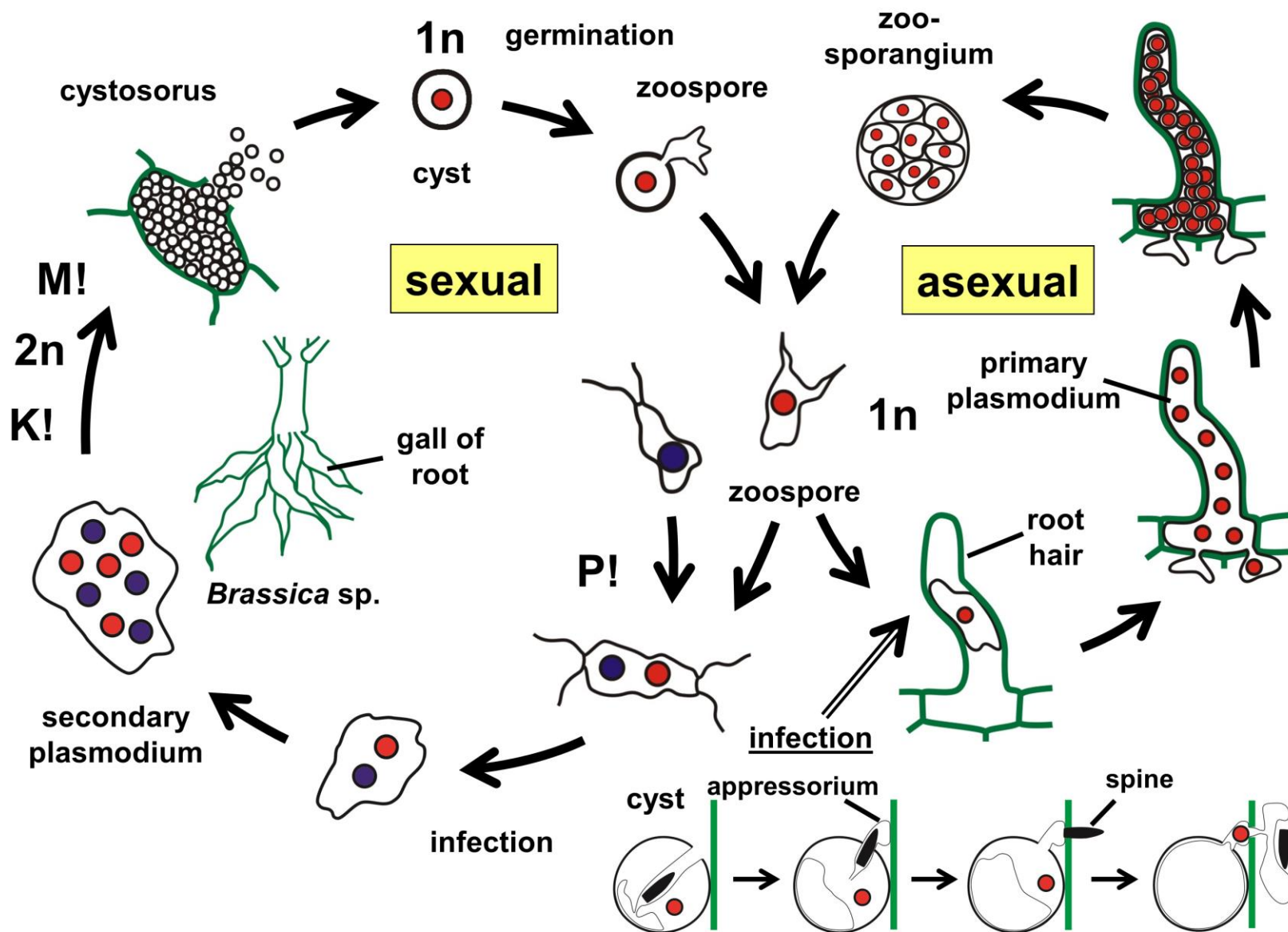
- ▶ 寄生于高等植物、藻类或真菌上，整个生活史中，大部分生活于寄主细胞内，营养组织为原生质团，不能运动和吞食食物。
- ▶ 休眠孢子直接在寄主细胞内形成，休眠孢子游离分散在寄主组织内。
- ▶ 常引起寄主细胞过度增大，导致组织增生形成肿瘤
- ▶ **1纲3目，最重要的为根肿菌目 Plasmodiophorales。**

芸苔根肿菌 *Plasmodiophora brassicae* Wor.

(1) 侵害十字花科植物的根部，使根的薄壁组织膨大而患根肿病，生活期大部分在寄主根部cell中度过，寄主死后，在病部cell中形成休眠孢子。



(2) 孢子微小单核、单倍体，外被几丁质的薄壁，孢子放出后，在适当的条件下即可萌发为游动细胞，从十字花科植物的根毛侵入，失去鞭毛的变形菌胞核重复分裂，成为多核的原生质团，后形成休眠孢子。



§ 3. 卵菌门Oomycota

- (1) 腐生或寄生，营养体大多为分枝的丝状体（菌丝体）。菌丝无分隔，仅在繁殖时在繁殖器官基部出现横隔。
- (2) 细胞壁主要成为 β -葡聚糖，也含少量纤维素，无几丁质。
- (3) 无性生殖形成具双鞭毛的游动孢子，茸鞭在前，尾鞭在后。
- (4) 有性生殖为卵式生殖，形成精囊和卵囊。

产生的合子为卵孢子， $R!$ 发生于配子形成时，卵孢子萌发时进行有丝分裂， $2N$ 营养体。生活史中，双倍体时期长。

约1000多种，2纲12目

(一) 水霉目 Saprolegniales

多腐生，少寄生。具孢子囊层出现象，藏卵器内具1至多枚卵，仅1科 水霉科 Saprolegniaceae

▶ 水霉属 *Saprolegnia*

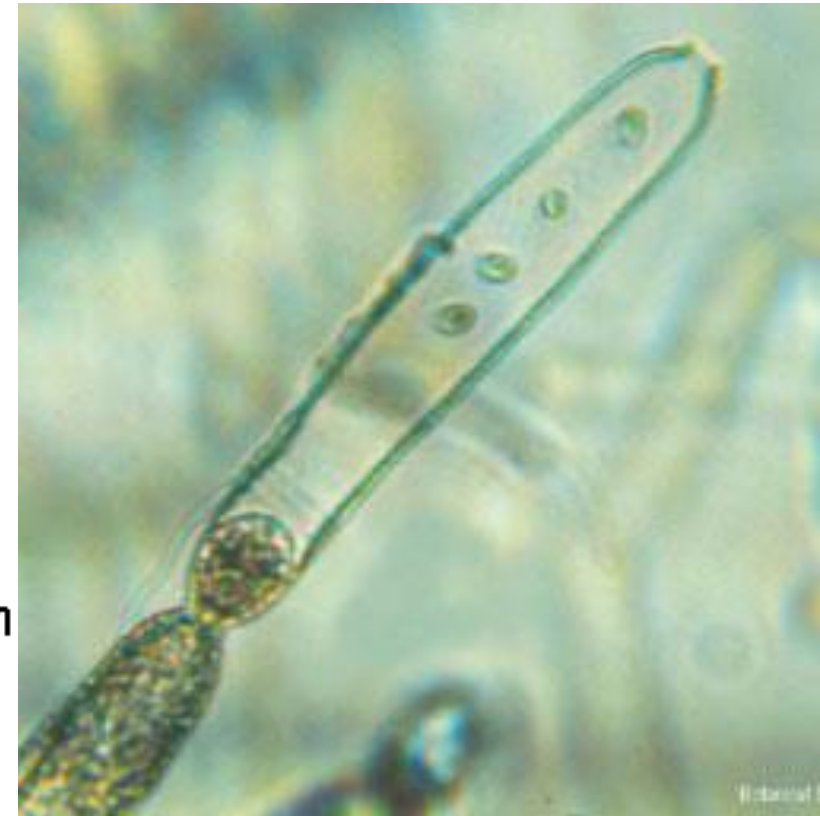
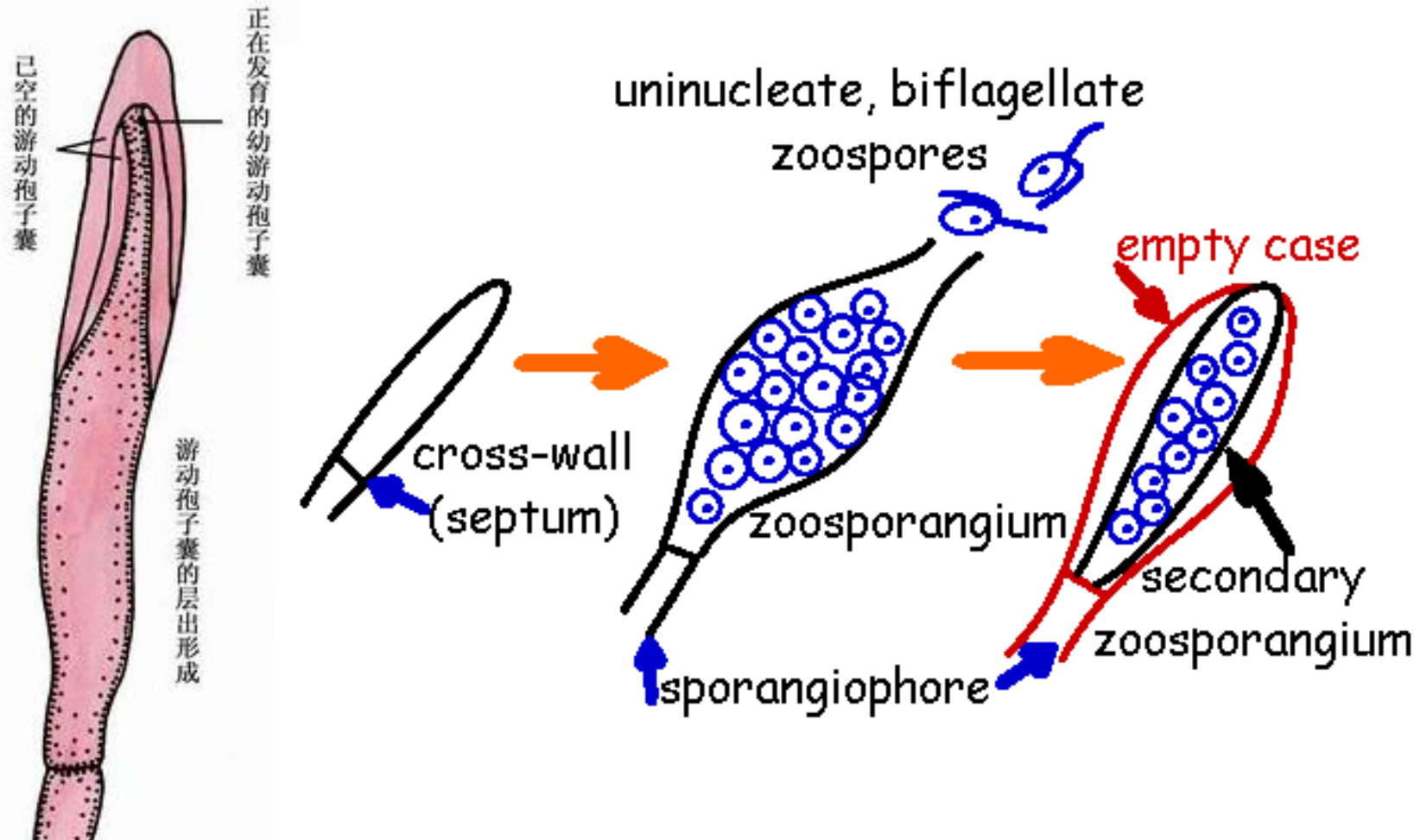
(1) 水霉常寄生于淡水鱼体上，亦可生于昆虫或淡水鱼的尸体上。菌丝体白色，绒毛状，多分枝，无横隔壁，多核，由一个细胞发展而来。

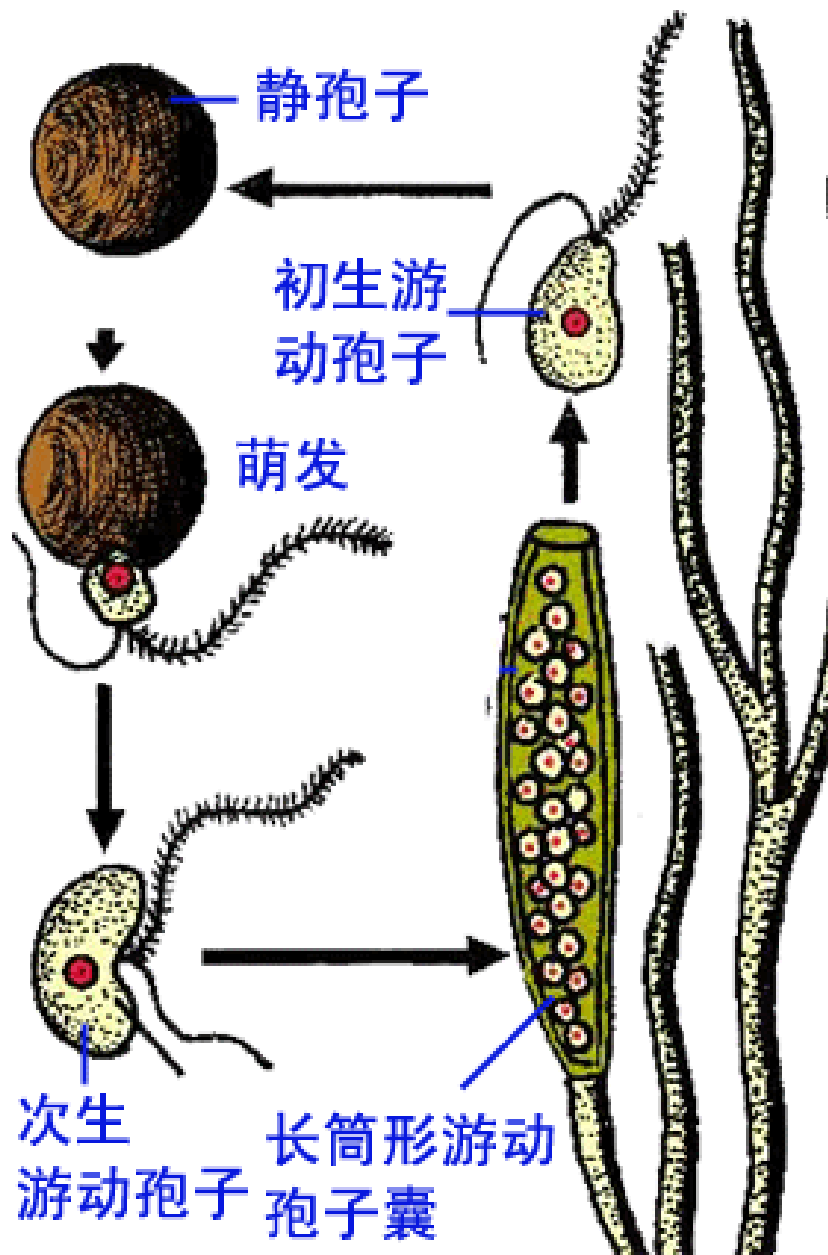
(2) 两种菌丝：短的根状菌丝，伸入到寄主的组织中，吸收养料；细长分枝的菌丝，从基质的表面向各个方向生长，形成一小团分枝繁茂的菌丝体。



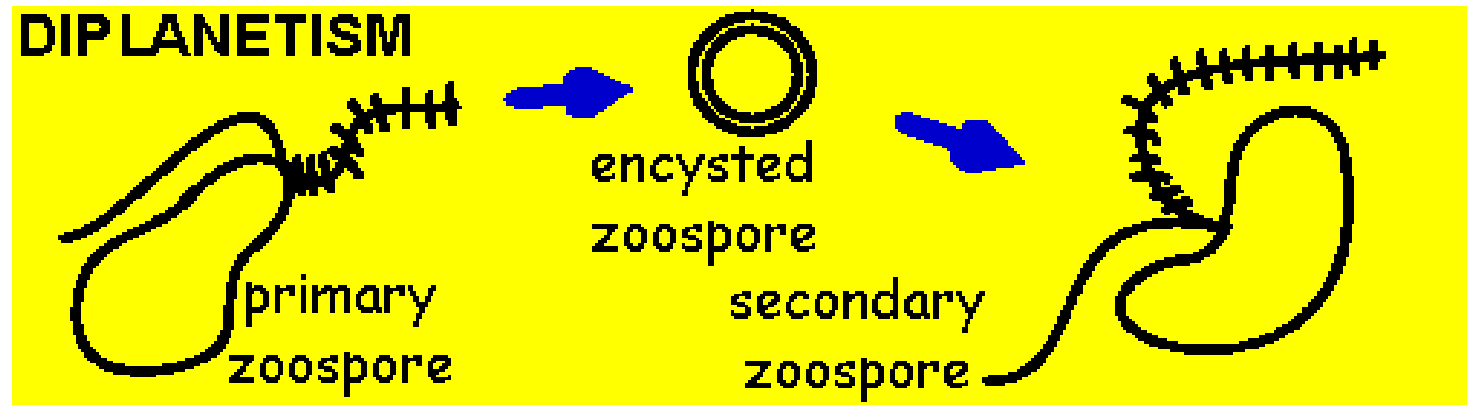
(3) 无性生殖：在环境良好时进行

▶ **孢子囊的层出形成**：顶端膨大，基部产生横壁，形成长筒状游动孢子囊，顶端开一圆孔，孢子顺序游出，产生第二个孢子囊，伸入旧孢子囊空壳中，重复3-4次，一个套一个，这是水霉属的主要特征。



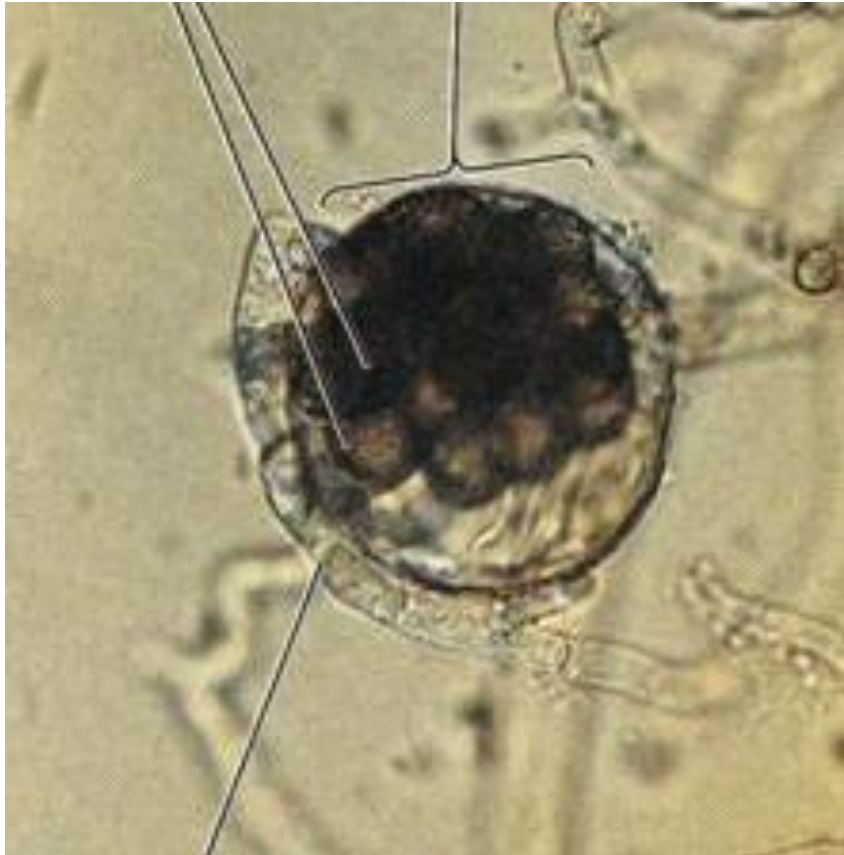


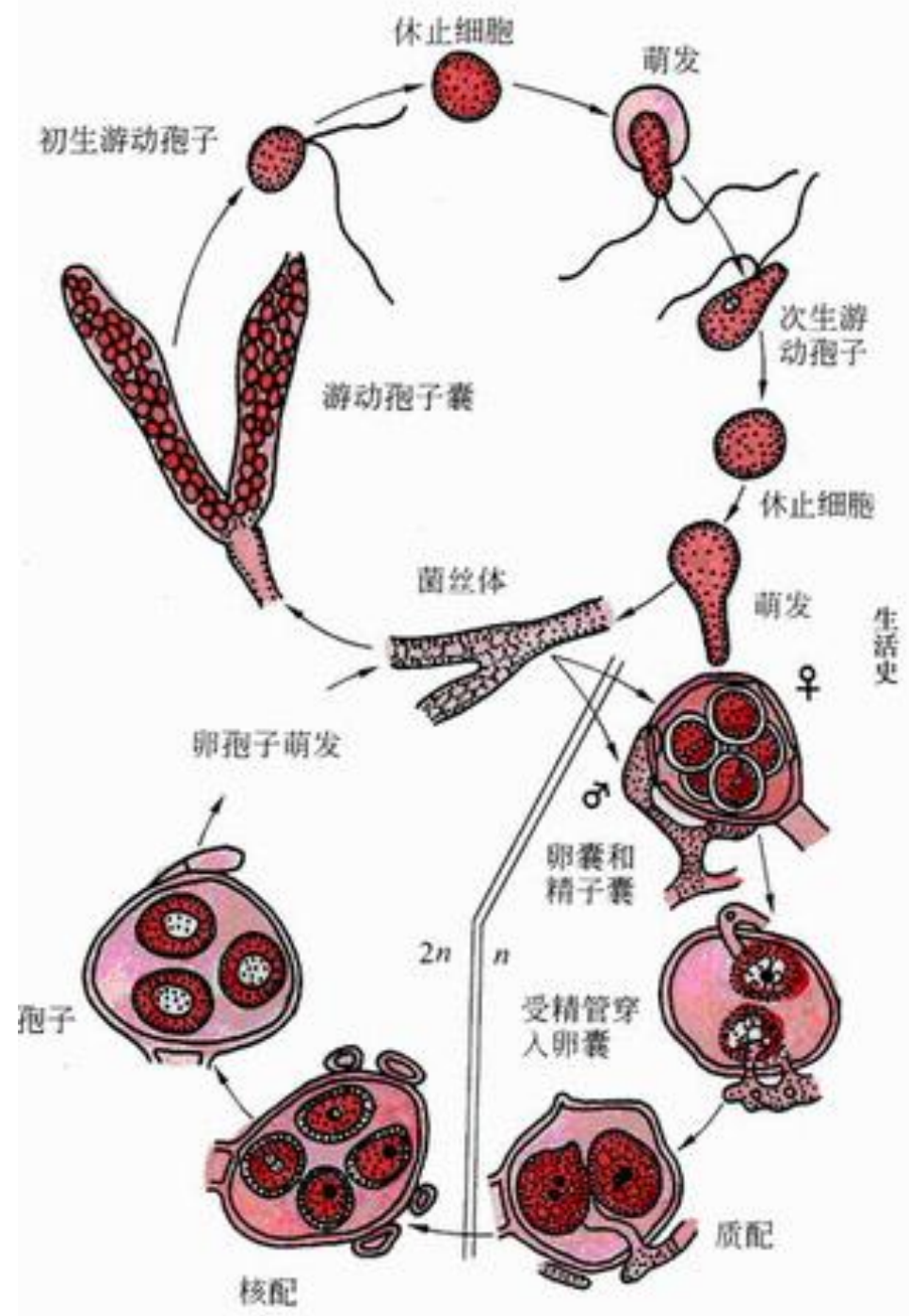
▶ **双游现象**：水霉属需产生两种类型的游动孢子，即初生的游动孢子和次生的游动孢子，这种现象称双游现象。是否形成次生孢子与环境条件有关。



(4) 有性生殖：经过若干代无性生殖后环境变得不利，这时进行有性生殖。菌丝顶端形成：卵囊，内含1-20个卵；精囊，较小长形、多核。

精囊与卵囊在同一菌丝上，相互紧靠，从精囊生出1至数条丝状的受精管，穿过卵囊壁，放出精核，与卵结合形成二倍体的合子（卵孢子），休眠萌发，反复进行有丝分裂（没有R！）形成多核芽管，菌丝体（2N）。 一个卵囊内可形成多个合子。





(二) 霜霉目 *Peronosporales*

常寄生于维管植物，藏卵器具卵1枚

1. 霜霉属 *Peronospora*

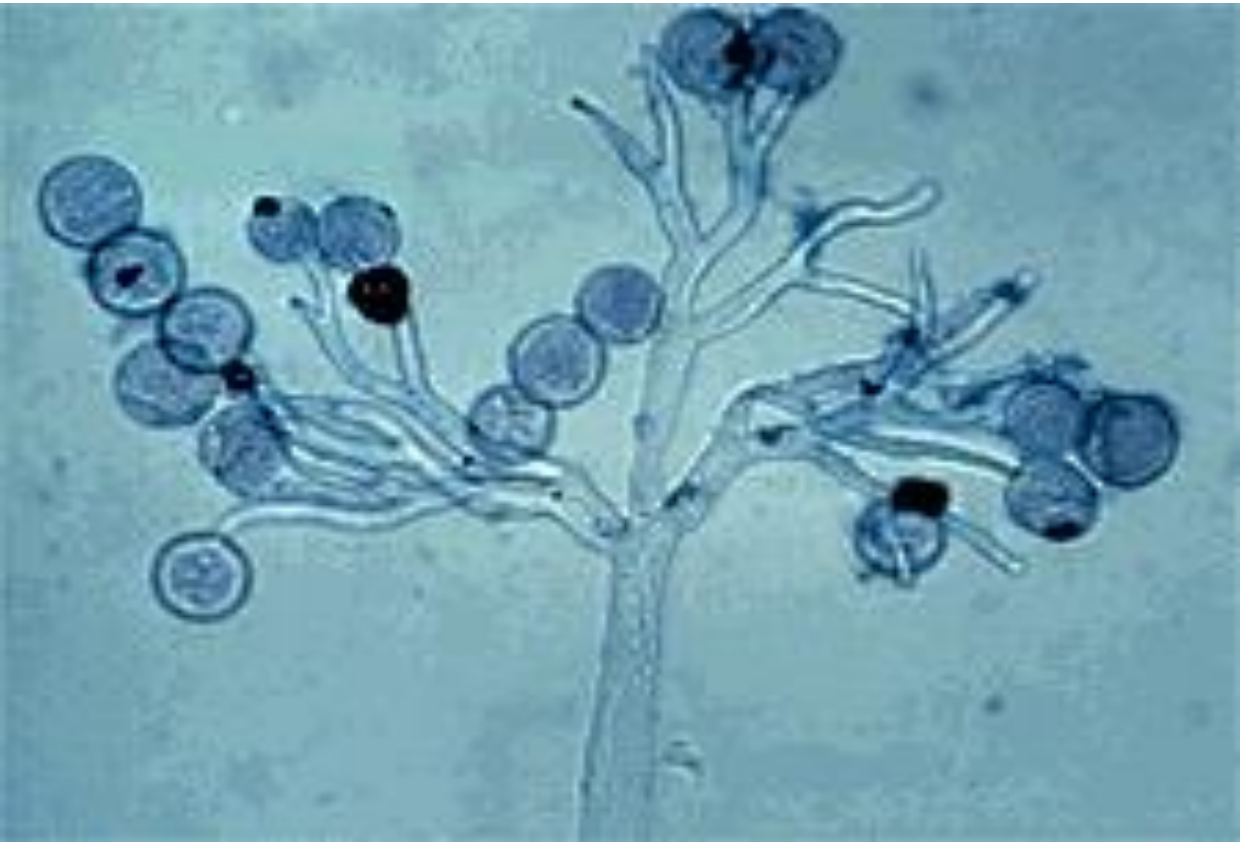
① 专性寄生菌，引起霜霉病，危害蔬菜和油料作物。

菌丝体无色，在寄主细胞间生长，吸器球形或分枝。寄主被感染后，形成淡黄绿色病斑。

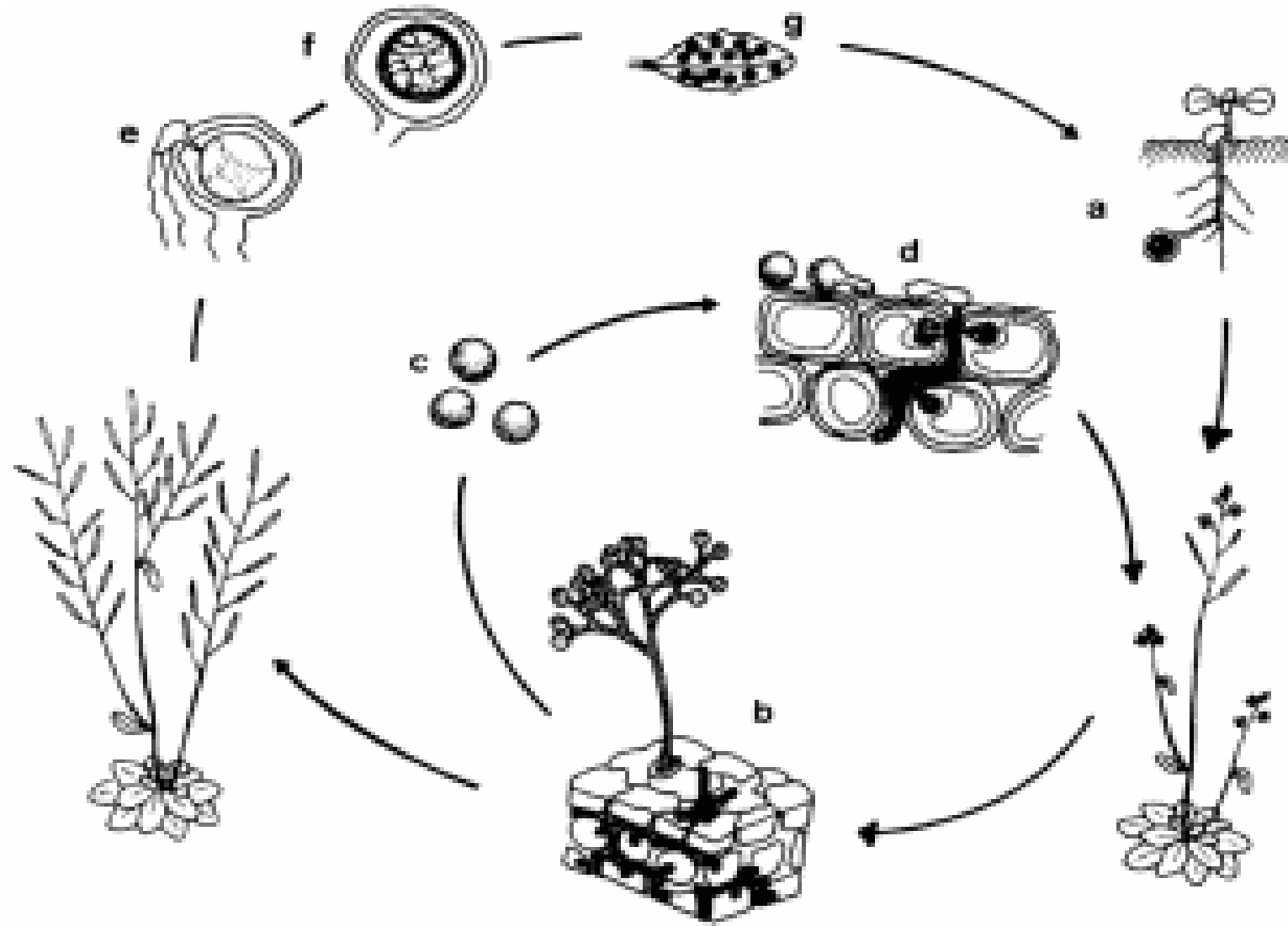


② 以无性生殖为主。分生孢子梗自寄主的气孔伸出，单生或丛生，上部4-7次成锐角叉状分枝，顶部产生分生孢子。

分生孢子在水湿条件下产生芽管，从寄主的表皮或气孔侵入，在叶组织内发育为菌丝体



③ 在生长的末期行有性生殖，在菌丝上产生卵囊、精囊、精卵结合形成厚壁的孢子（单cell、色深、平滑），寄主条件适宜萌发进入寄主组织。



3. 白锈菌目 Albuginales

白锈菌属 *Albugo*: 约30种，高等植物专性寄生菌

➤ 白锈菌 *A. candida*: 寄生于十字花科植物

◆ 无性生殖：在寄主表皮下生出棍棒状的孢囊梗，其从顶部至基部连续形成串珠状的多核孢子囊。寄主表皮细胞破裂后孢子囊散出，产生白色粉状孢子囊堆



www.davefenwick.com

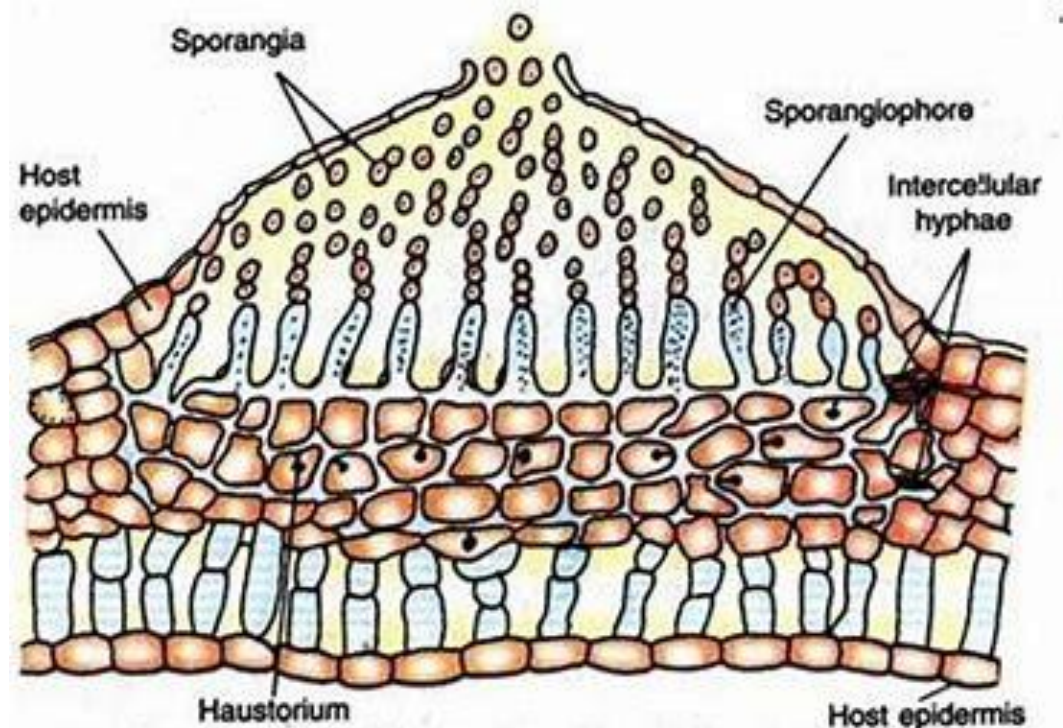


Fig. 6.52. *Albugo candida*. A section of host leaf passing through the sporangial sorus.

www.biologydiscussion.com/fungi

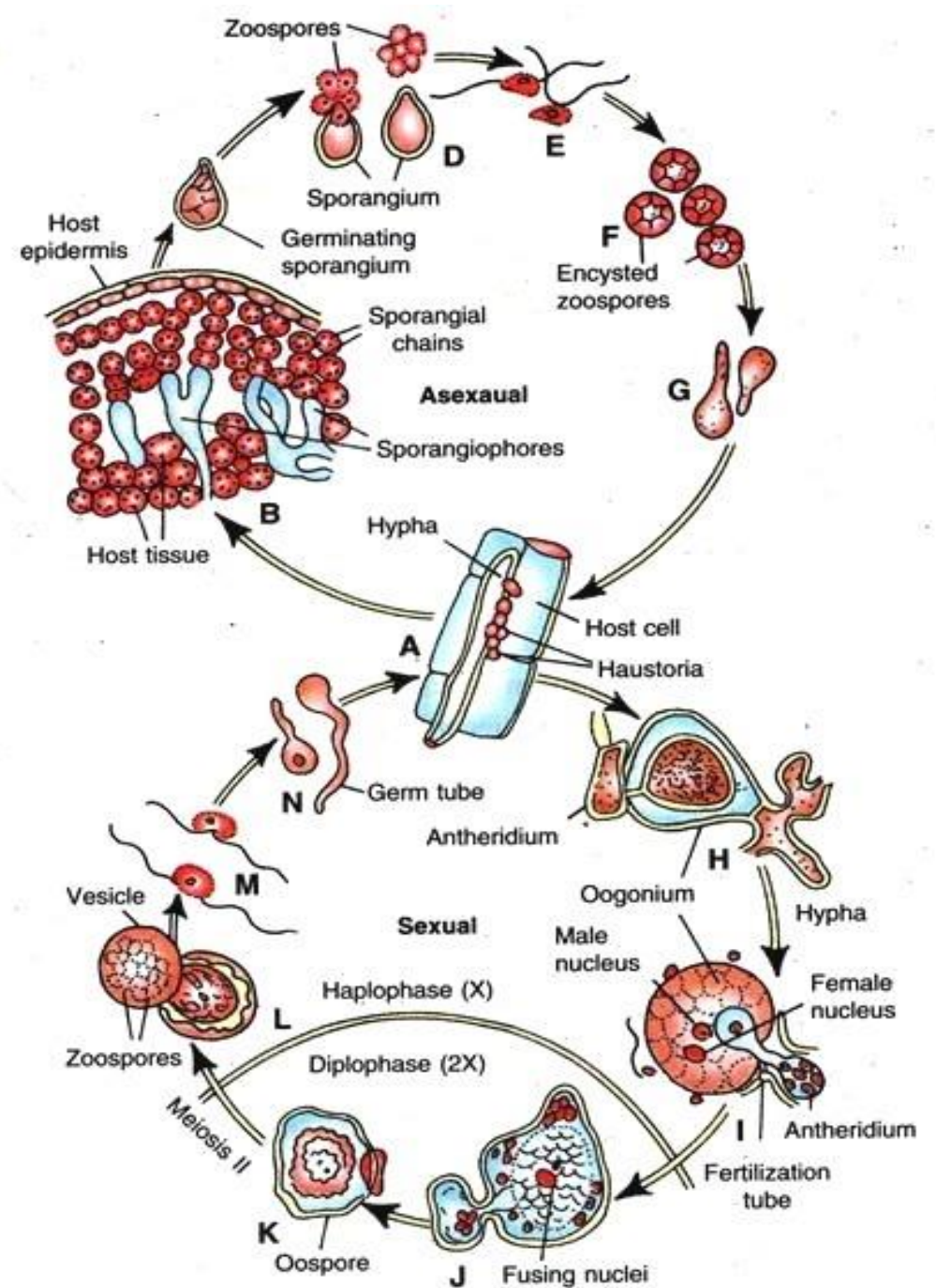
孢子囊内产生**游动孢子**，游动孢子休眠后，产生芽管再次侵入寄主

◆ 有性生殖

(1) 在菌丝顶端产生横壁，形成卵囊和精囊，精核借授精管进入卵囊，结合形成卵孢子。卵孢子具厚壁。

(2) 卵孢子第二年春季萌发，形成游动孢子。

(3) **游动孢子**休眠后，产生芽管再次侵入寄主组织。

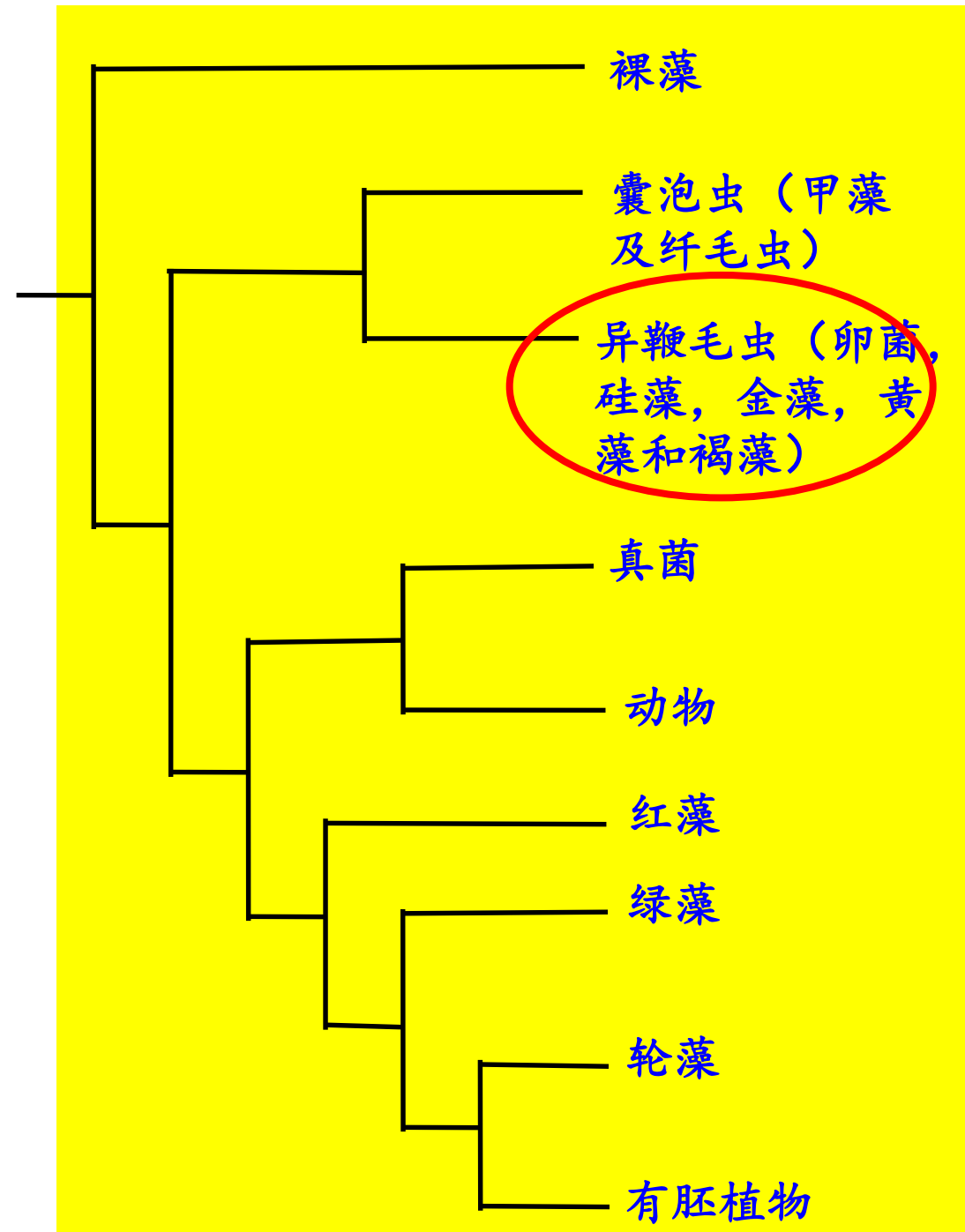


- 一般认为卵菌起源于黄藻门异管藻目 (Heterosiphonales) 的无隔藻属，主要依据是：

- 卵菌和异管藻的细胞壁均具有纤维素，某些种均具有“双游”现象，有性生殖方式相似，两者都反映了从水生到陆生的适应过程。

根据卵菌的细胞生物学、分子生物学和生物化学等方面的特性，目前倾向于将其从菌物界分出，归入藻界

(Chromista) 的异鞭毛藻类中，与金藻、硅藻、褐藻并为一支。



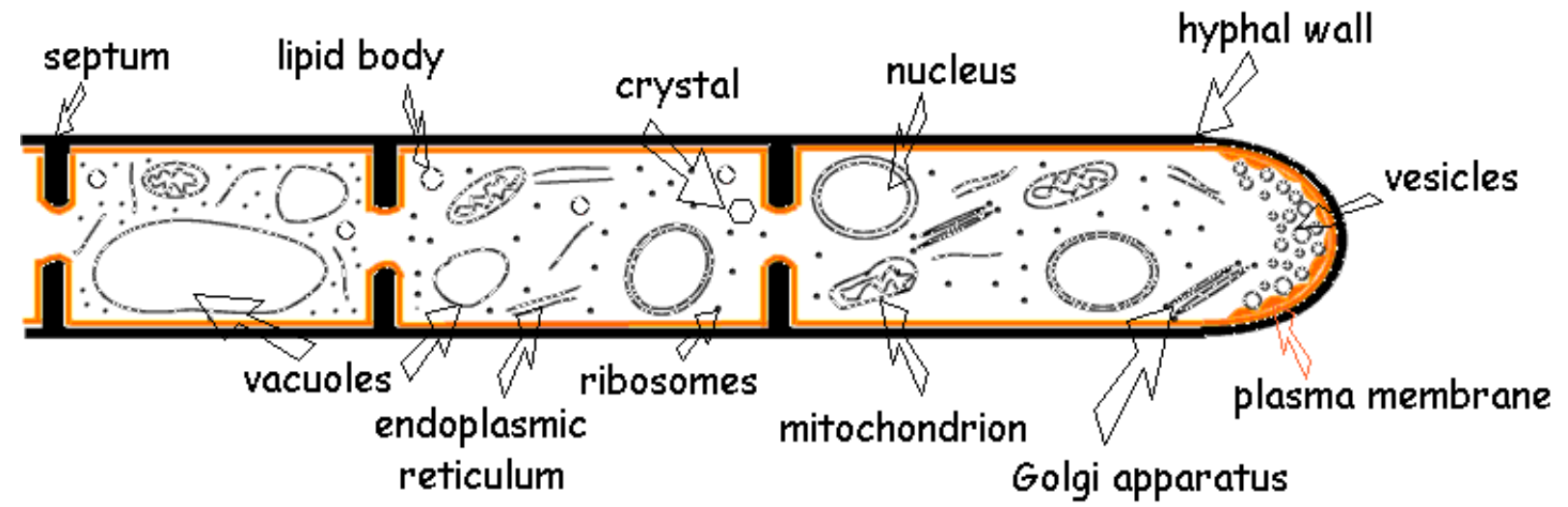
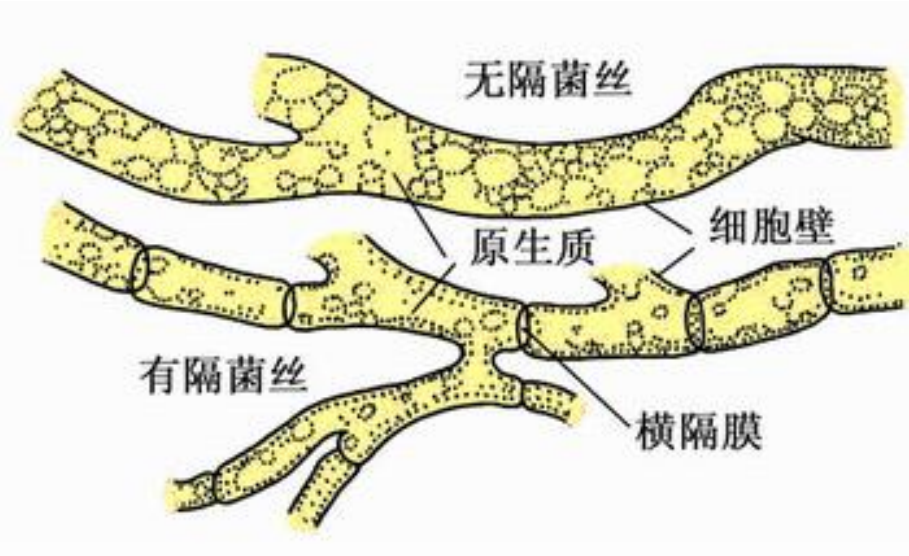
§ 4. 大型菌物Macrofungi（真菌）

一、通性：

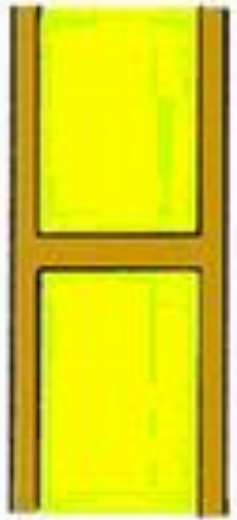
1、异养的真核生物，营寄生、腐生或共生。

- 多为丝状的多细胞有机体（菌丝），组成一个菌体的全部菌丝称为菌丝体。
- 具明显几丁质细胞壁
- 能形成孢子
- 贮藏物以肝糖和脂肪为主，也有少量蛋白质和维生素，**绝不含纤维素。**

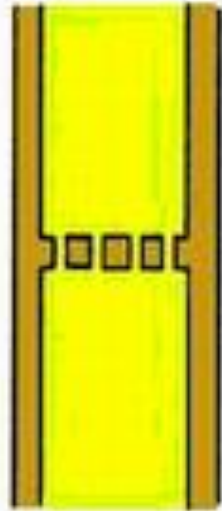
2、菌丝两种：无隔菌丝：有分枝或无分枝的单个长管形细胞形成的菌丝，常为多核。有隔菌丝：菌丝有横隔壁，由多个细胞构成，每个细胞中含1-2核，横隔有小孔或无。



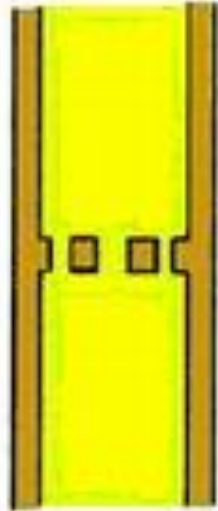
真菌菌丝隔膜类型



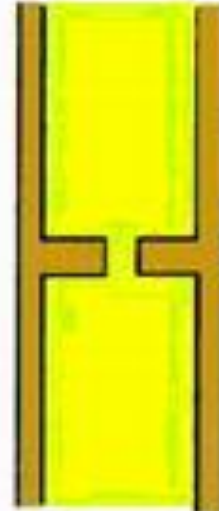
低等真菌菌丝的全封闭隔膜



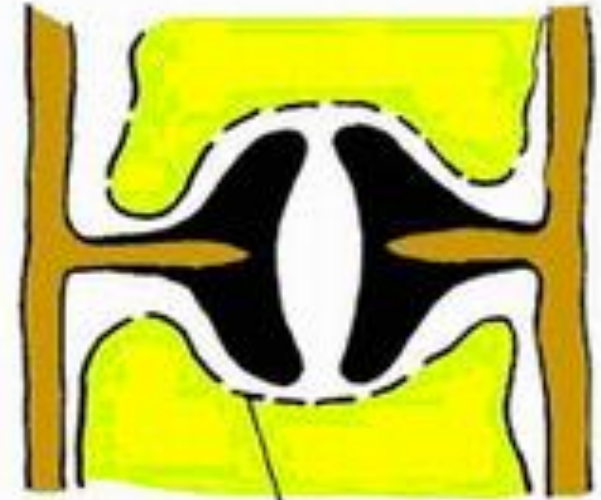
白地霉菌丝的隔膜



镰刀菌菌丝的隔膜



典型的子囊菌隔膜



桶孔覆垫

典型担子菌的桶孔隔膜

单穿孔：子囊菌较多

桶孔：穿孔较大，小孔边缘增厚，外面覆盖一层称为桶孔覆垫的弧形膜，。

3、细胞壁：几丁质（氨基葡萄糖聚合物）为特征成分。

4、营养吸收

腐生菌：①由菌丝直接从基质中吸收养分，②产生假根吸收养分。

寄生菌：①胞内寄生菌，直接和寄主的原生质接触而吸收养分。②胞间寄生菌，生产吸器，伸入寄主细胞内吸收养分。

方式：借助多种水解酶（均为胞外酶），把大分子物质，可溶性的小分子物质，然后借助较高渗透压吸收。

有隔菌丝在繁殖或环境不良时常形成结构紧密的菌组织，菌组织有两种类型：

- ▶ **疏丝组织**：菌丝细胞为长形，平行排列或交错排列，结构较疏松，菌丝细胞相对独立易于识别。
- ▶ **拟薄壁组织**：有紧密排列的等角形或卵圆形菌丝细胞组成，与维管植物的薄壁组织相似，菌丝不易识别。



拟薄壁组织



疏丝组织

5. 菌丝组织体：菌组织可构成繁殖结构外围的保护组织，还常形成不同形态的菌丝组织体：

(1) 根状菌索 **rhizomorph**

(2) 子座 **stroma**

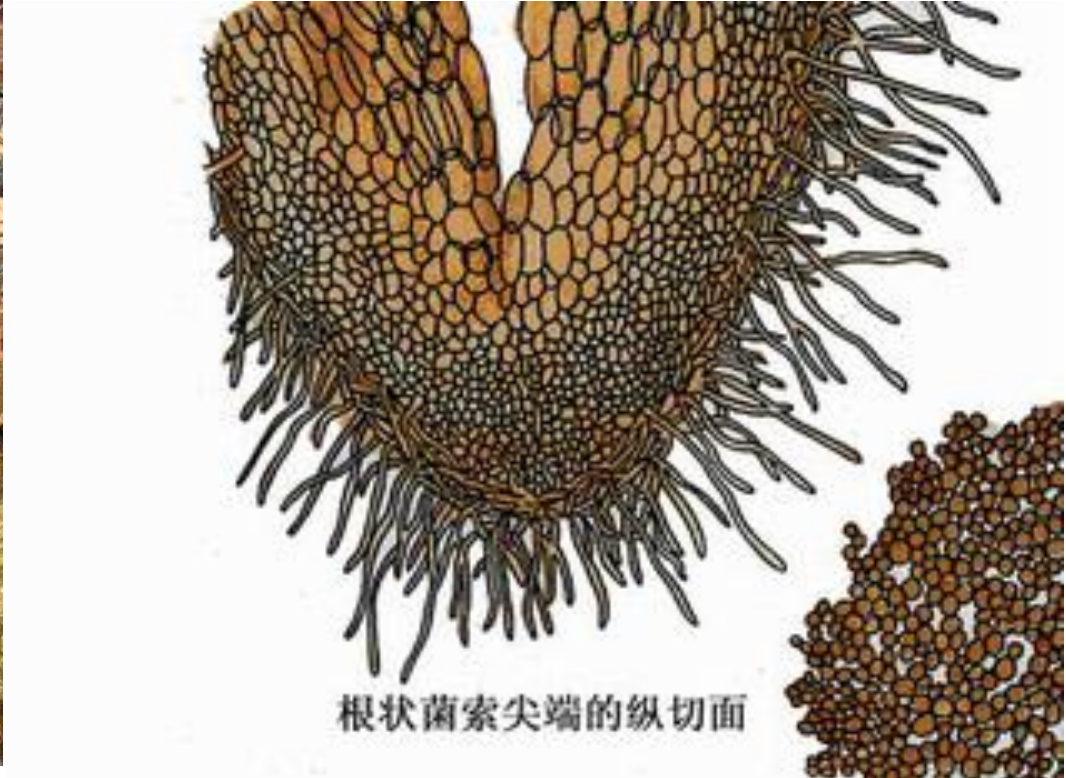
(3) 菌核 **sclerotium**

(1) 根状菌索 rhizomorph

菌丝体密结呈绳索状，外形似根，皮层：位于外层，颜色较深，由拟薄壁组织组成。心层（髓层）：由疏松丝组织组成，顶端具一生长点。

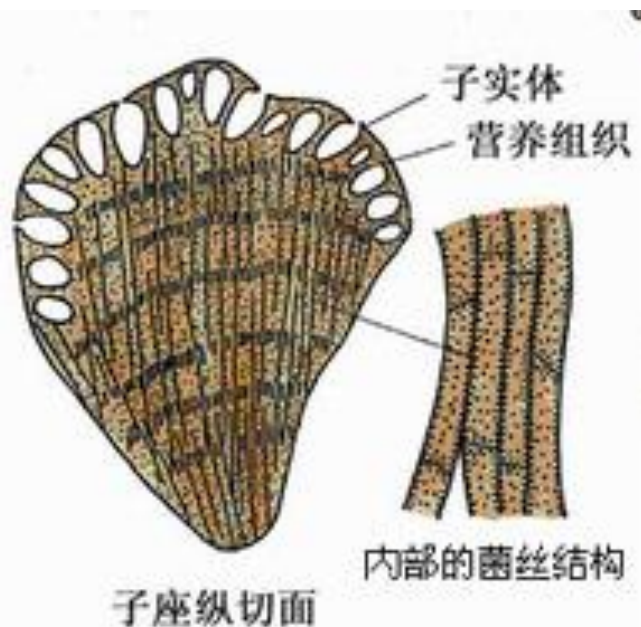


天麻密环菌的菌索

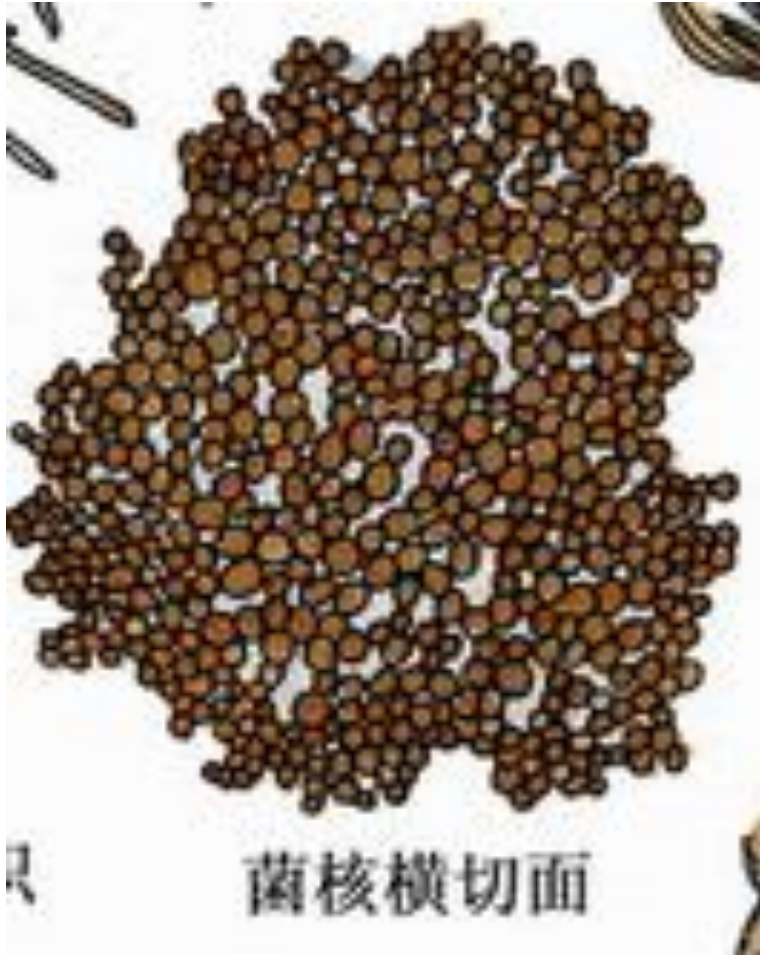


根状菌索尖端的纵切面

(2) 子座 **Stroma**: 从营养阶段到繁殖的一种过渡形式，是容纳子实体的褥座，由拟薄壁组织和疏丝组织构成。



(3) 菌核：菌核是一种休眠体，由菌丝密结而形成的核状体，有些具组织分化：拟薄壁组织、疏丝组织，有些无分化。菌核在条件适宜时，可萌发为菌丝体或产生子实体。如：茯苓



二、繁殖

➤营养繁殖

- 1、单细胞：细胞分裂为子细胞，eg：裂殖酵母。
- 2、菌丝体：菌丝断裂

➤无性生殖

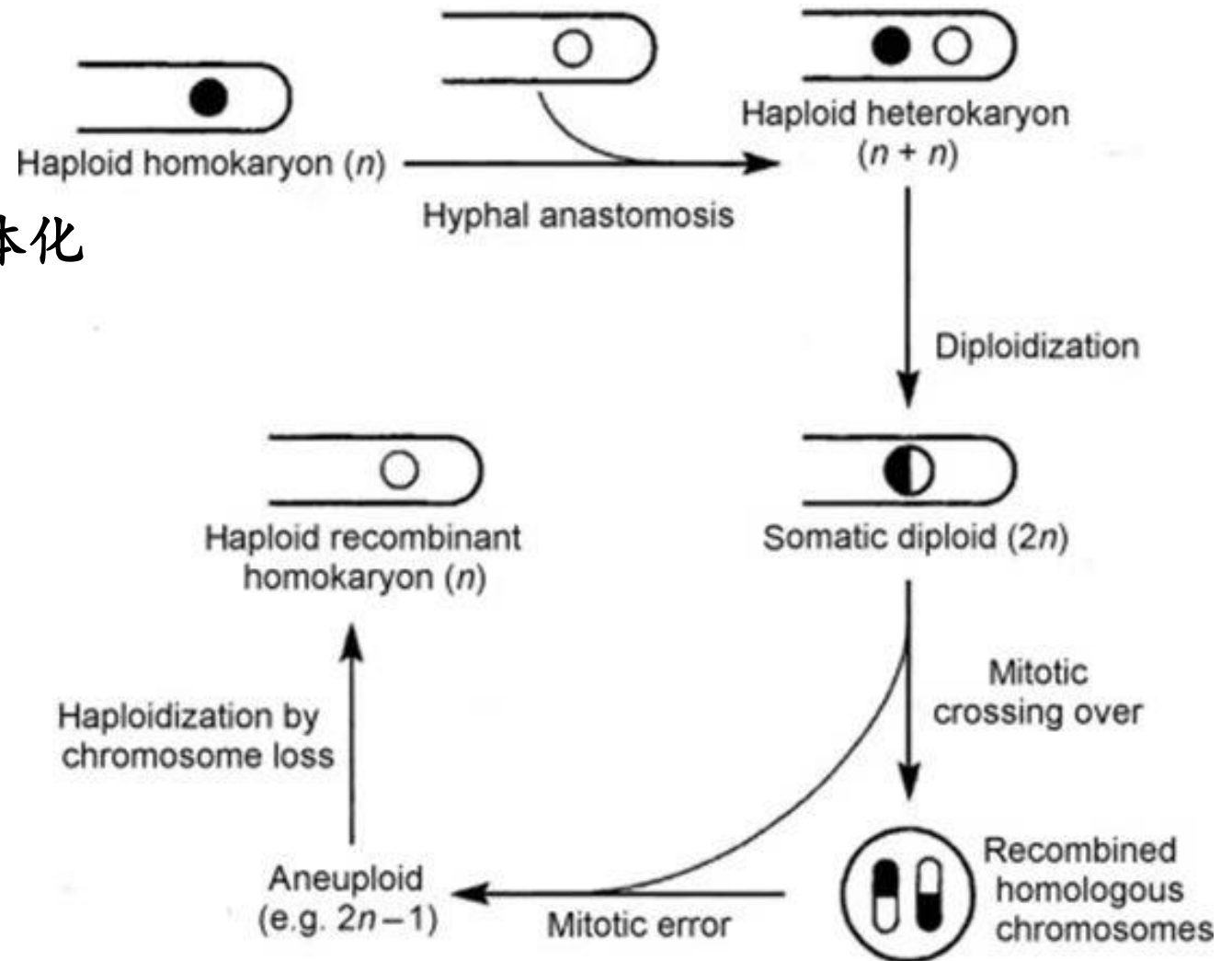
- 1、游动孢子：水生真菌产生的具单鞭毛的孢子，能游动，在游动孢子囊中产生。
- 2、孢囊孢子：孢子囊内产生的不动孢子。
- 3、分生孢子：由分生孢子梗的顶端或侧面产生的一种不动孢子。

➤有性生殖：有性生殖时产生休眠孢子、接合孢子、子囊孢子、担孢子等，是生殖细胞经有性结合后产生的孢子，称有性孢子。

- 1、休眠孢子：低等真菌通过同配或异配产生的合子（ $2N$ ）。eg：壶菌门
- 2、接合孢子：接合菌类配子接合后产生的厚壁孢子（ $2N$ ）。
- 3、子囊孢子：子囊菌在子囊内产生的孢子（ N ）。
- 4、担孢子：担子菌在担子上形成的（ N ）。

◆ **准性生殖**：不经过减数分裂就能导致基因重组的生殖过程。对于少数从不进行有性生殖的真菌而言，准性生殖是其进行基因重组的唯一途径（以前此类真菌被称为半知菌类deuteron-fungi，目前被归入到子囊菌或担子菌中）

- ▶ 异核体形成；
- ▶ 杂合二倍体繁殖系的形成；
- ▶ 有丝分裂分离：有丝分裂交换，单倍体化



• 准性生殖过程

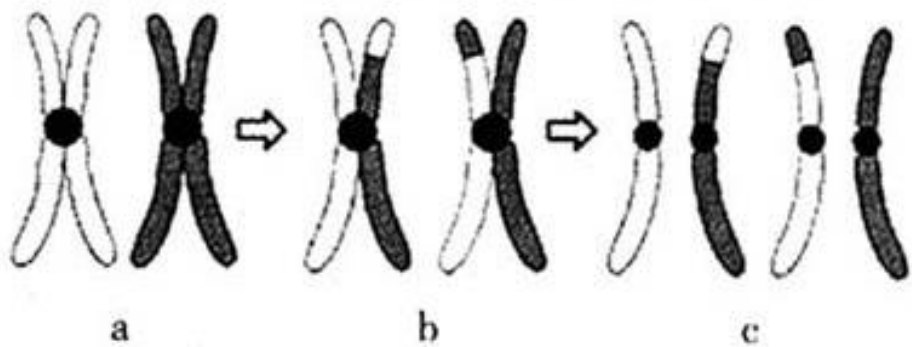
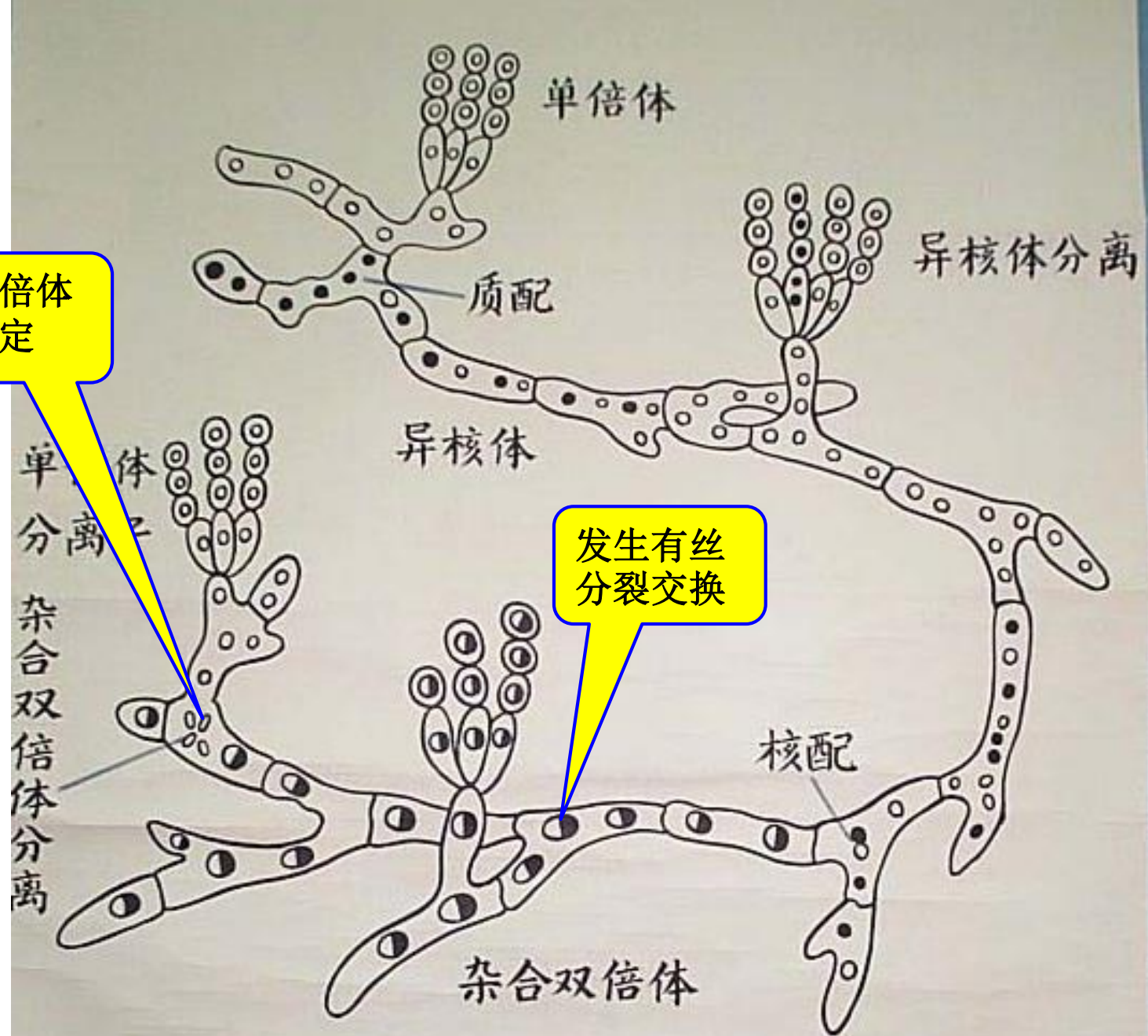


图4 有丝分裂的交换示意图

非整倍体
不稳定



发生有丝分裂交换

单倍体分离
杂合双倍体分离

四、真菌界的分类

传统分类方法：依据游动孢子的有无、菌丝是否有隔、有性阶段的有无及有性阶段产生的孢子类型等。

• Spataform等(2017)依据分子系统学和基因组系统学分析结果将真菌门分为8个门。我们将介绍其中5个门：

➤ 隐真菌门 **Cryptomycota**

➤ 捕虫霉门 **Zoopagomycota**

➤ 微孢子虫门 **Microsporidia**

➤ 毛霉门 **Mucoromycota**

➤ 芽枝霉门 **Blastocladiomycota**

➤ 子囊菌门 **Ascomycota**

➤ 壶菌门 **Chytridiomycota**

➤ 担子菌门 **Basidiomycota**

§ 5 壶菌门 Chytridiomycota

一、主要特征

1、营养体：

➤ 单细胞或单细胞具假根，单细胞体兼具营养和繁殖功能，称**整体产果式**。

➤ 少数种为无横隔壁的菌丝，多核具分枝，仅在繁殖是形成封闭式隔膜将繁殖结构分开，其余部分仍行使营养功能，称**分体产果式**。

2、细胞壁主要成分**几丁质**。

3、游动孢子具单鞭毛，后生尾鞭型。

4、有性生殖同配或异配，产生**休眠孢子**。

二、分类

壶菌门共约**980**余种，大多数种类生于水中，少数两栖。

本门含**3**个纲：

- 壶菌纲 (**Chytridiomycetes**)
- 单毛壶菌纲 (**Monoblepharidomycetes**)
- 新丽鞭毛菌纲 (**Neocallimastigomycetes**) 。

三、代表类群

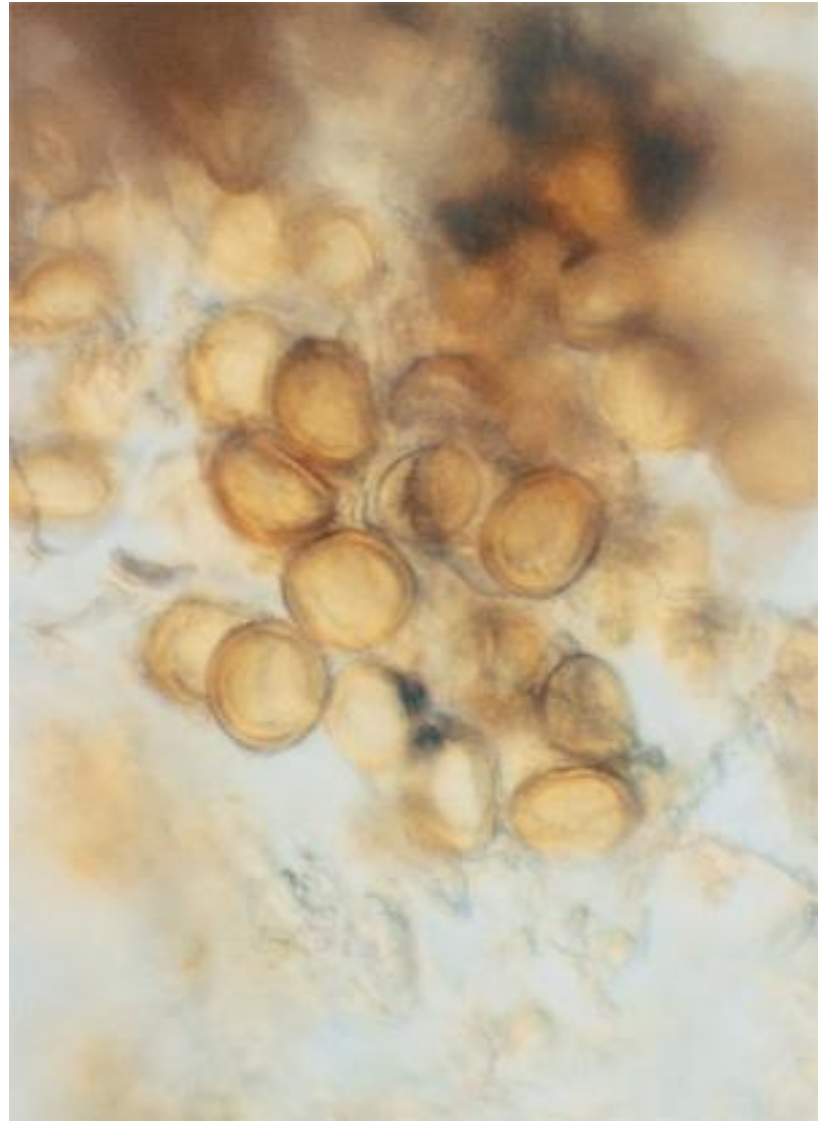
➤ 壶菌目 *Chytridiales* 约560种

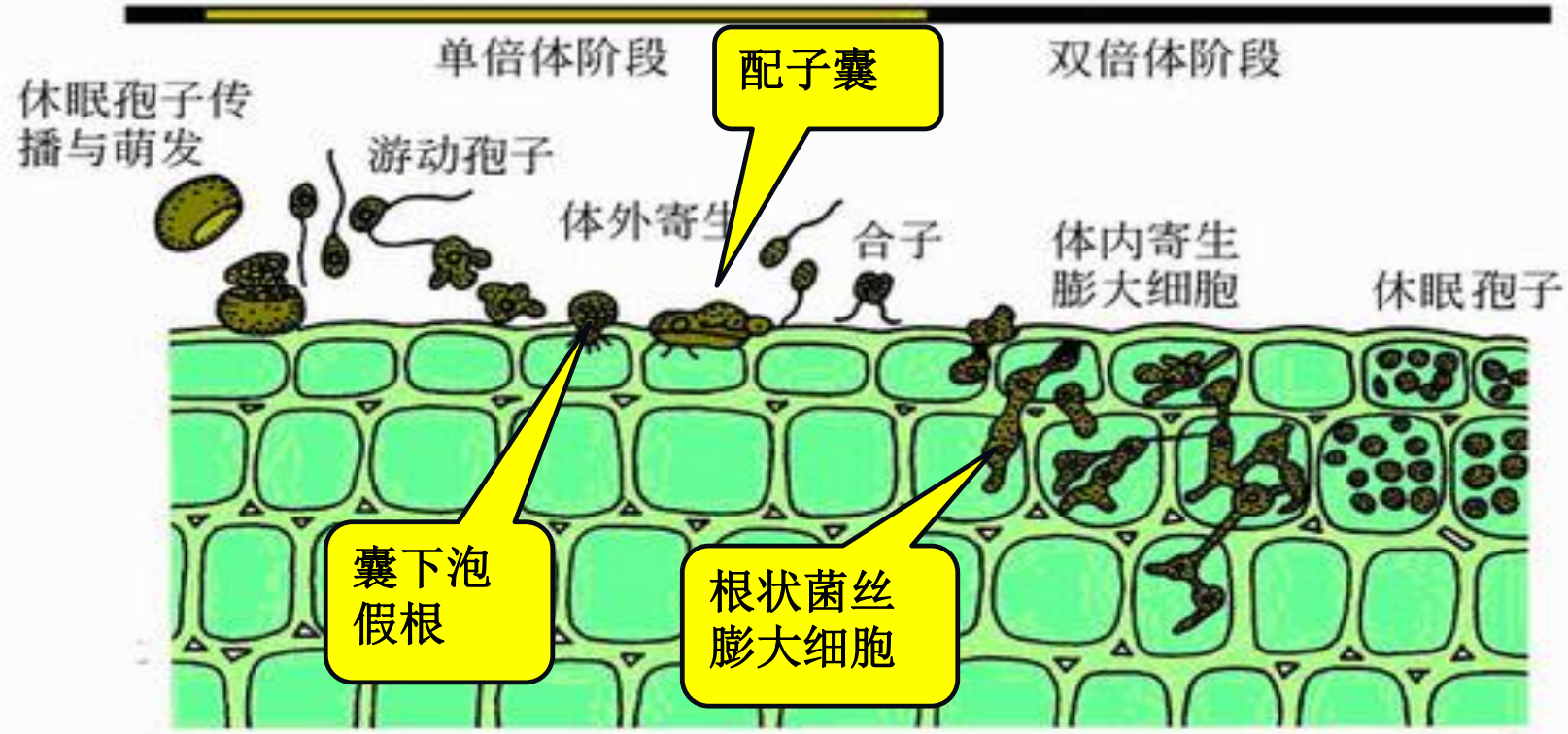
- 单细胞或单细胞具假根，细胞壁几丁质
- 无性生殖时产生游动孢子，具后生尾鞭型鞭毛
- 有性生殖形成厚壁休眠孢子，休眠孢子萌发产生游动孢子

➤ 节壶菌属(*Physoderma*)

全部为寄生菌，侵害高等植物的组织，在寄主组织内产生大量的休眠孢子，休眠孢子萌发时形成具尾鞭型单鞭毛的游动孢子。

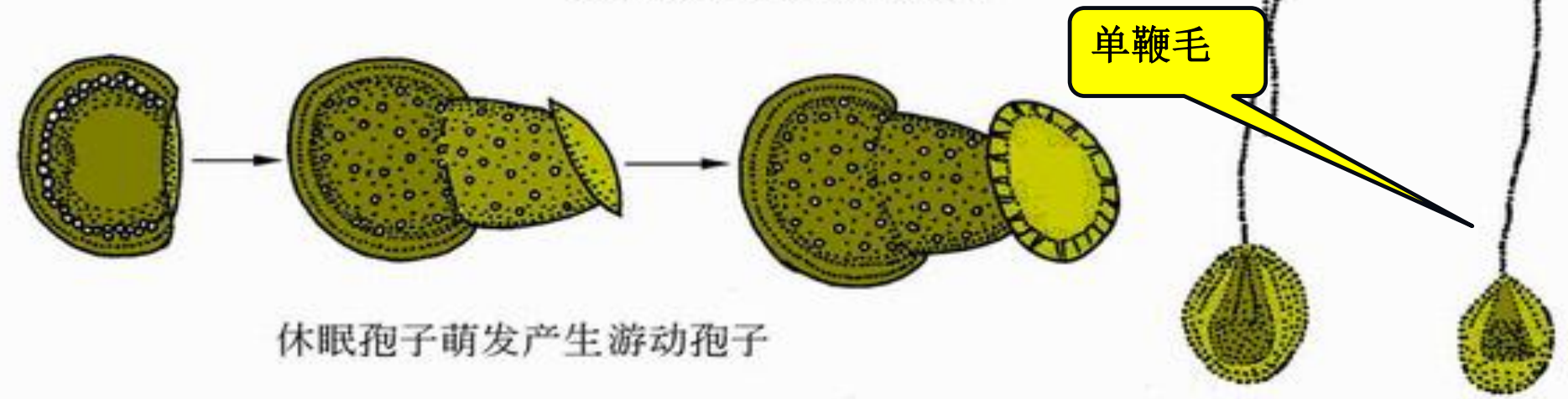
如玉蜀黍节壶菌 (*P. maydis*)，侵害玉米的叶和叶鞘，引起玉米褐斑病。病斑内有大量粉末状的休眠孢子。





传播 接触 侵入 扩展 呈现 休眠

玉蜀黍节壶菌的生活史



§ 6 捕虫霉菌门 Zoopagomycota

(一)、主要特征:

- ▶ 多腐生，少数寄生。
- ▶ 具发达的菌丝体，菌丝无隔多核，细胞壁由几丁质组成。
- ▶ 无性生殖时在孢子囊内产生孢囊孢子（无鞭毛的静孢子）、节孢子或厚壁孢子。
- ▶ 有性生殖时，配子囊接合形成各种形状的接合孢子。

(二)、分类

共约**900**种

- 捕虫霉菌亚门 **Zoopagomycotina**
- 虫霉菌亚门 **Entomophthorales**
- 梳霉亚门 **Kickxellomycotina**

➤ 虫霉目 (Entomophthorales)

常寄生，少数腐生。菌丝体不甚发达。无性生殖主要产生分生孢子。

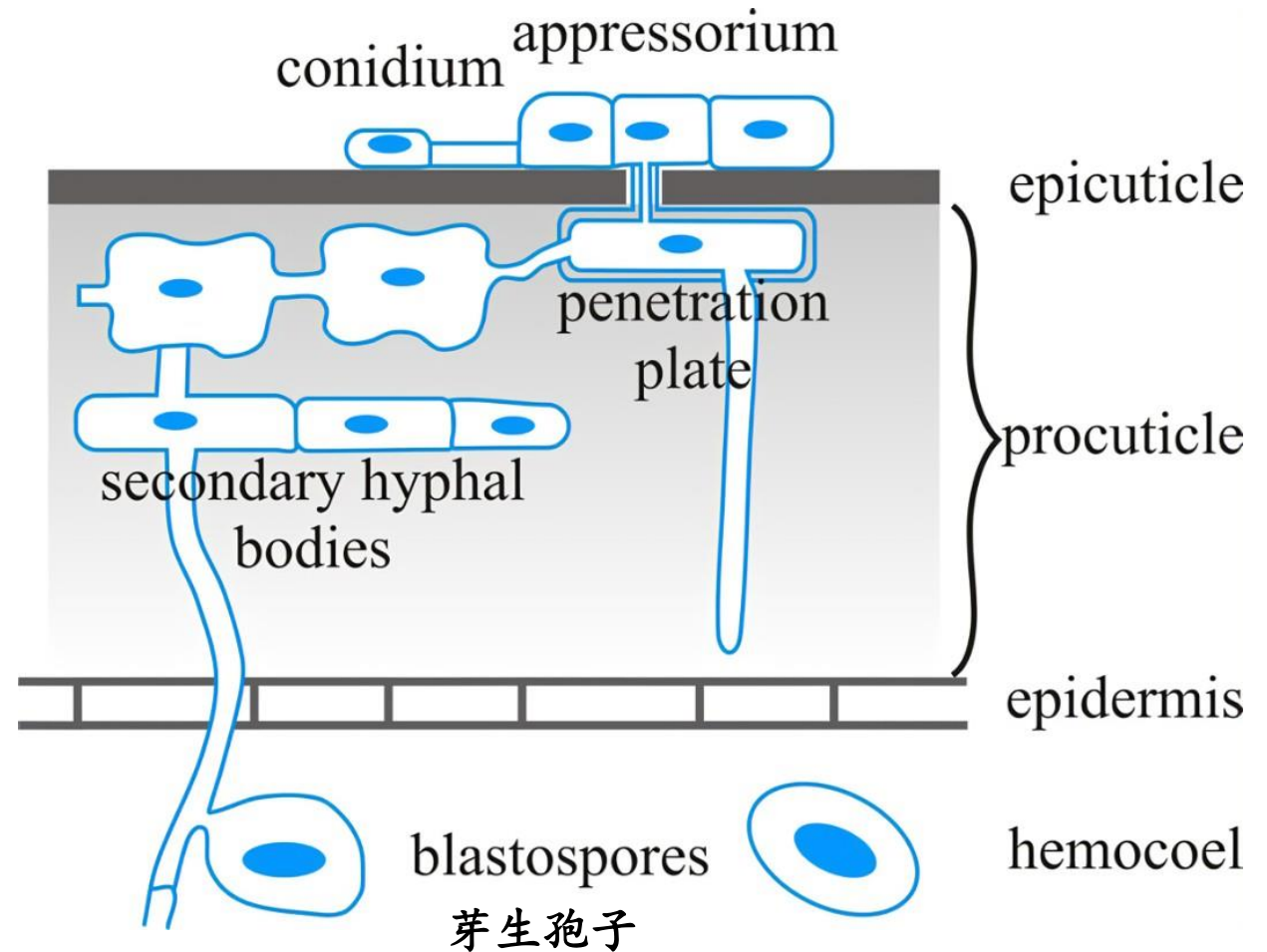
◆ 虫霉属 (*Entomophthora*)

➤ 大多数寄生在昆虫体内，或腐生于两爬类粪便中。

➤ 菌丝体多有隔，常自隔膜处断裂成多核菌丝段，称为虫菌体。

➤ 无性生殖发达，产生光滑分生孢子，伸出寄主体外，常被弹射释放。

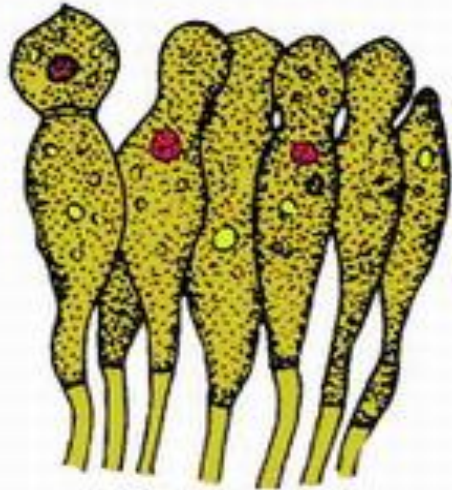
➤ 有性生殖形成接合孢子，或孤雌生殖形成拟接合孢子。



蝇虫霉



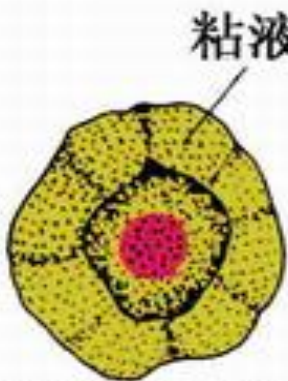
正在发芽的虫菌体



分生孢子梗



将要射出的分生孢子



脱落的分生孢子



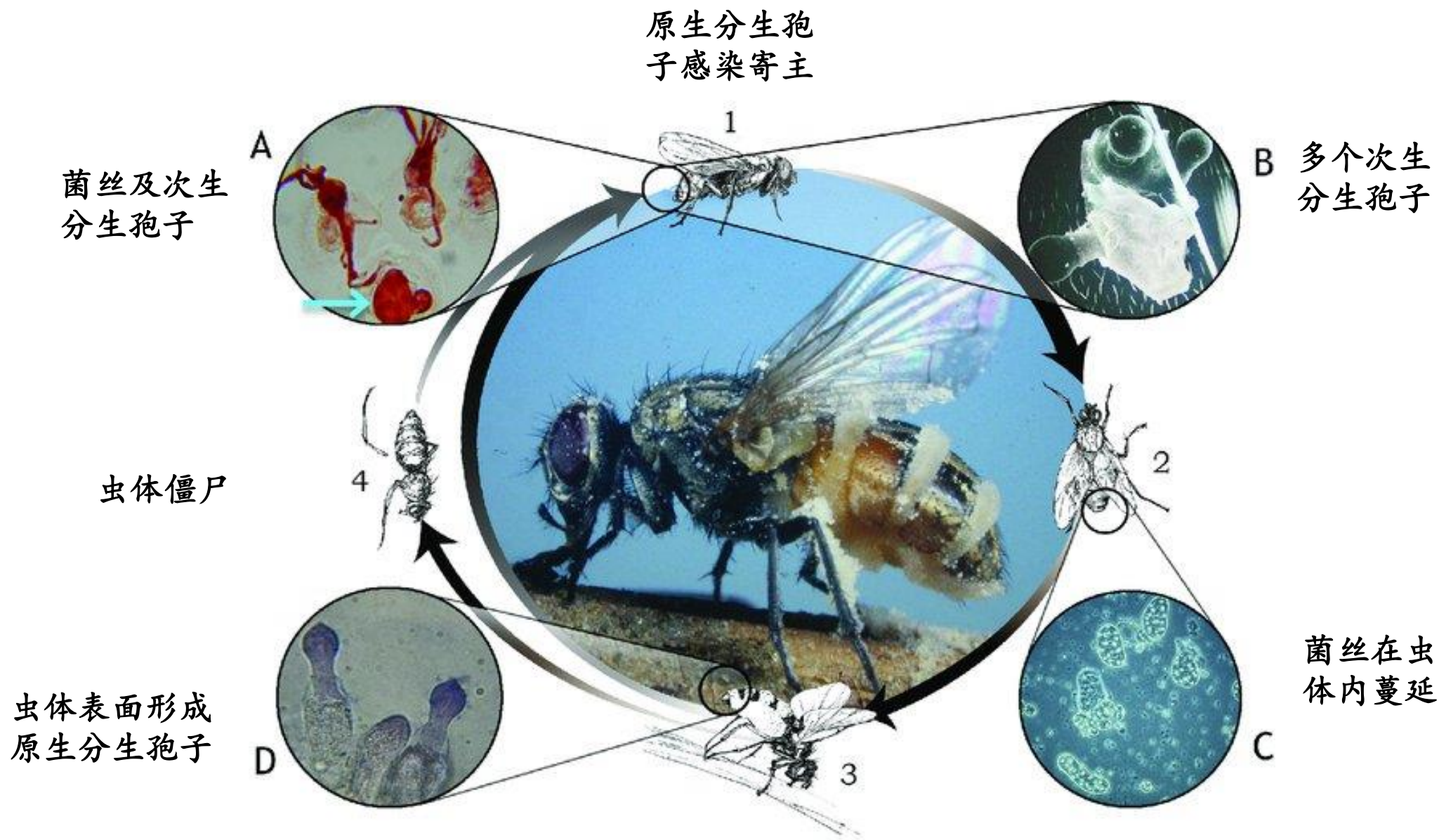
正在发芽的分生孢子



© Luciana Bartolini



▶ 常见种类如蝇虫霉 (*E. muscae* Fres.)，寄生于苍蝇上，被害的苍蝇常贴附在玻璃窗上，寄主的四周由于弹射的孢子而形成白色的晕。



§ 7 毛霉菌门 Mucoromycota

(一)、主要特征:

- ▶ 多为植物共生菌（球囊菌类，菌根真菌），少数腐生或寄生。
- ▶ 具发达的菌丝体，菌丝无隔多核，细胞壁由几丁质组成。
- ▶ 无性生殖时在孢子囊内产生孢囊孢子（无鞭毛的静孢子）或厚壁孢子。
- ▶ 有些种类具弹射散放机制散放孢子，有些种类孢子聚集成孢子堆 **sporosorus**
- ▶ 有性生殖时，配子囊接合形成接合孢子。

(二) 分类

毛霉菌门约760种，含3个亚门：

- 球囊菌亚门 (**Glomeromycotina**)：未发现有性生殖，丛枝菌根真菌
- 被孢毛霉亚门 (**Mortierellomycotina**)
- 毛霉菌亚门 (**Mucoromycotina**)

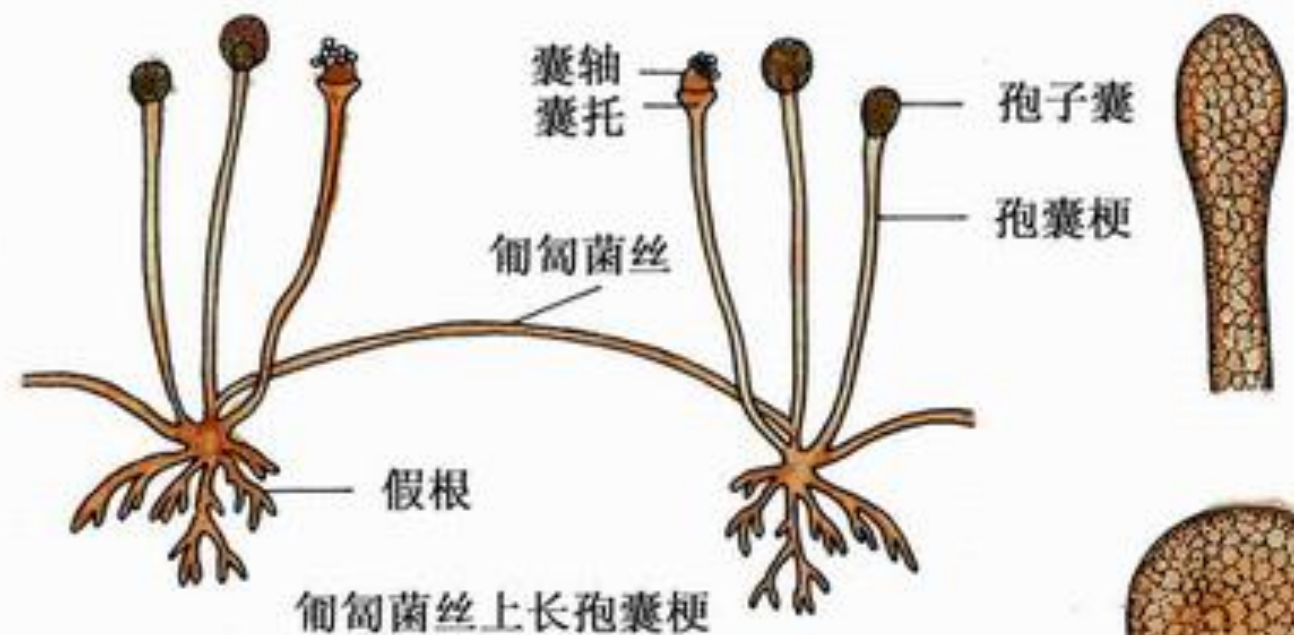
(三)、代表类群

1、根霉属 *Rhizopus*

(1) 最常见的是葡枝根霉 *R. stolonifer* (黑根霉 *R. nigricans*)，生于面包或日常食品上，或混杂于培养基中，实验室杂草。

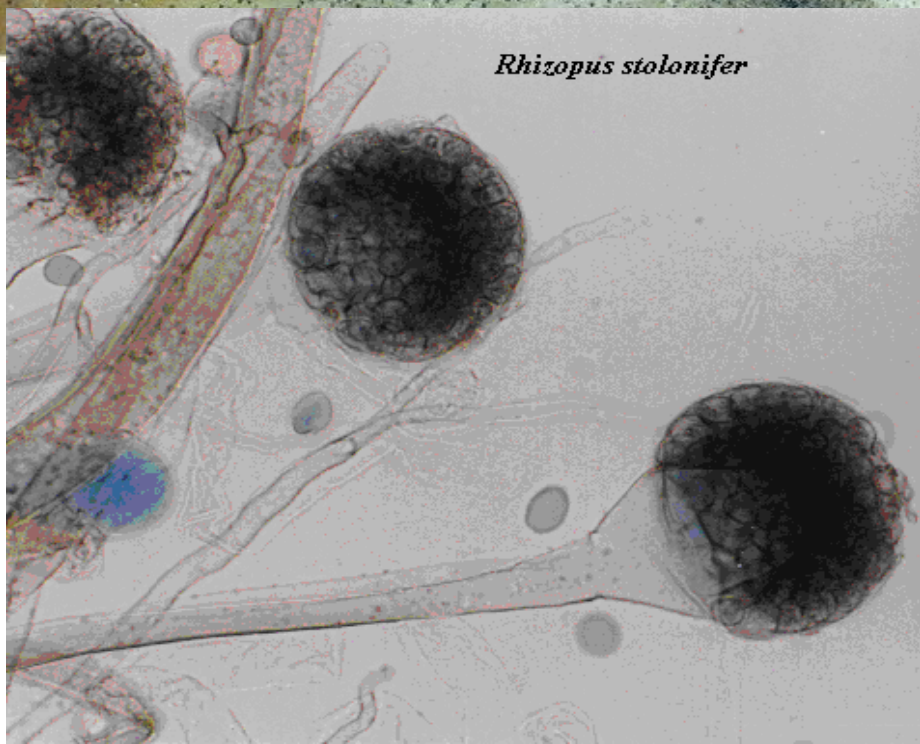
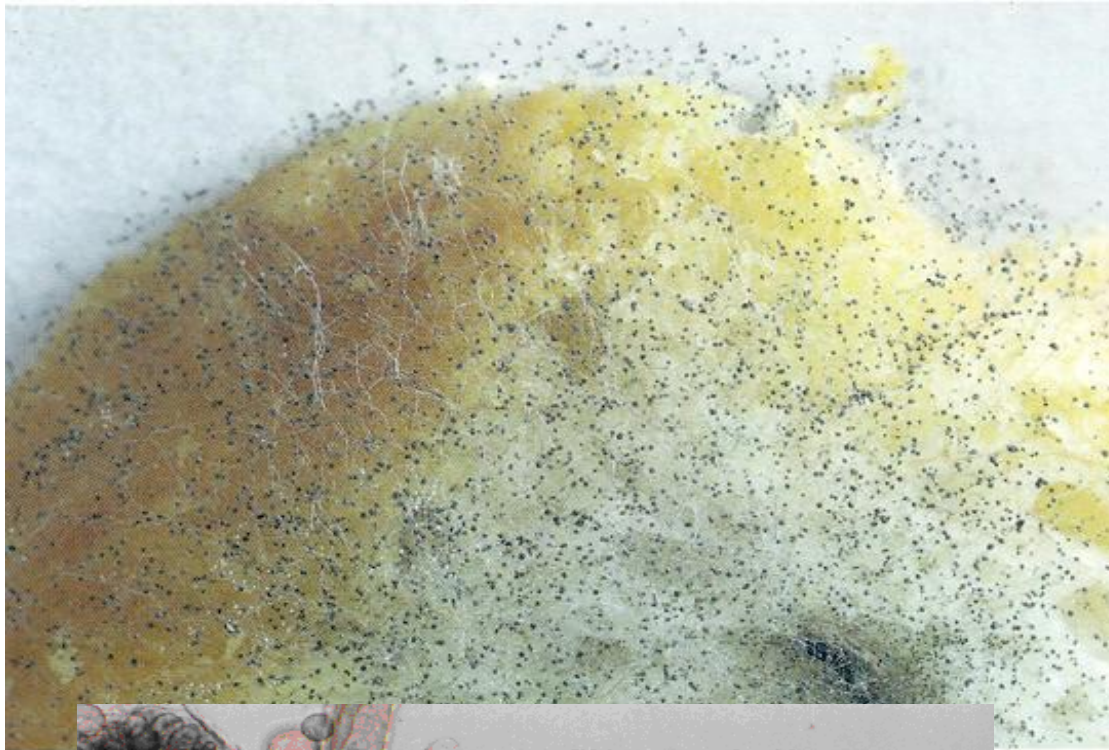
(2) 葡枝根霉菌丝絮状，具假根，假根上方生出孢囊梗，顶端膨大形成孢子囊。孢子囊具囊轴、囊托，形成的孢子为静孢子，称孢囊孢子。



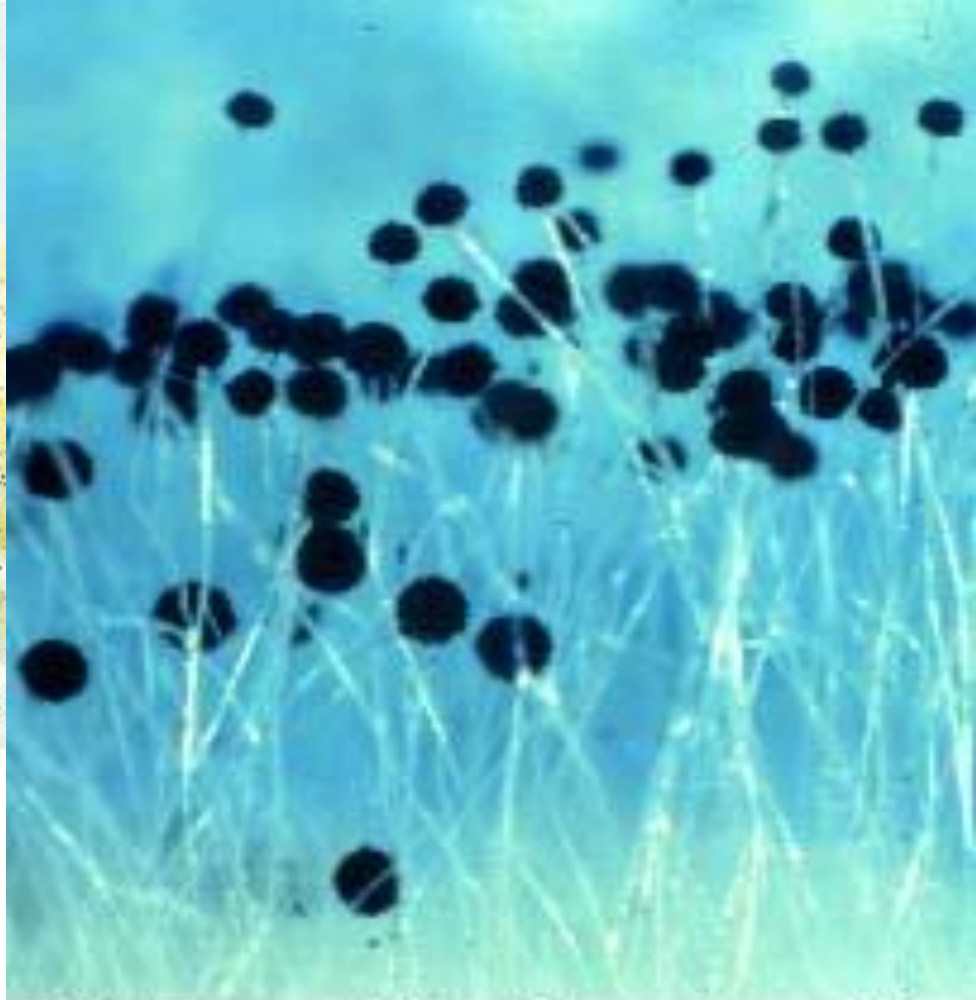


孢囊梗顶端膨大成孢子囊

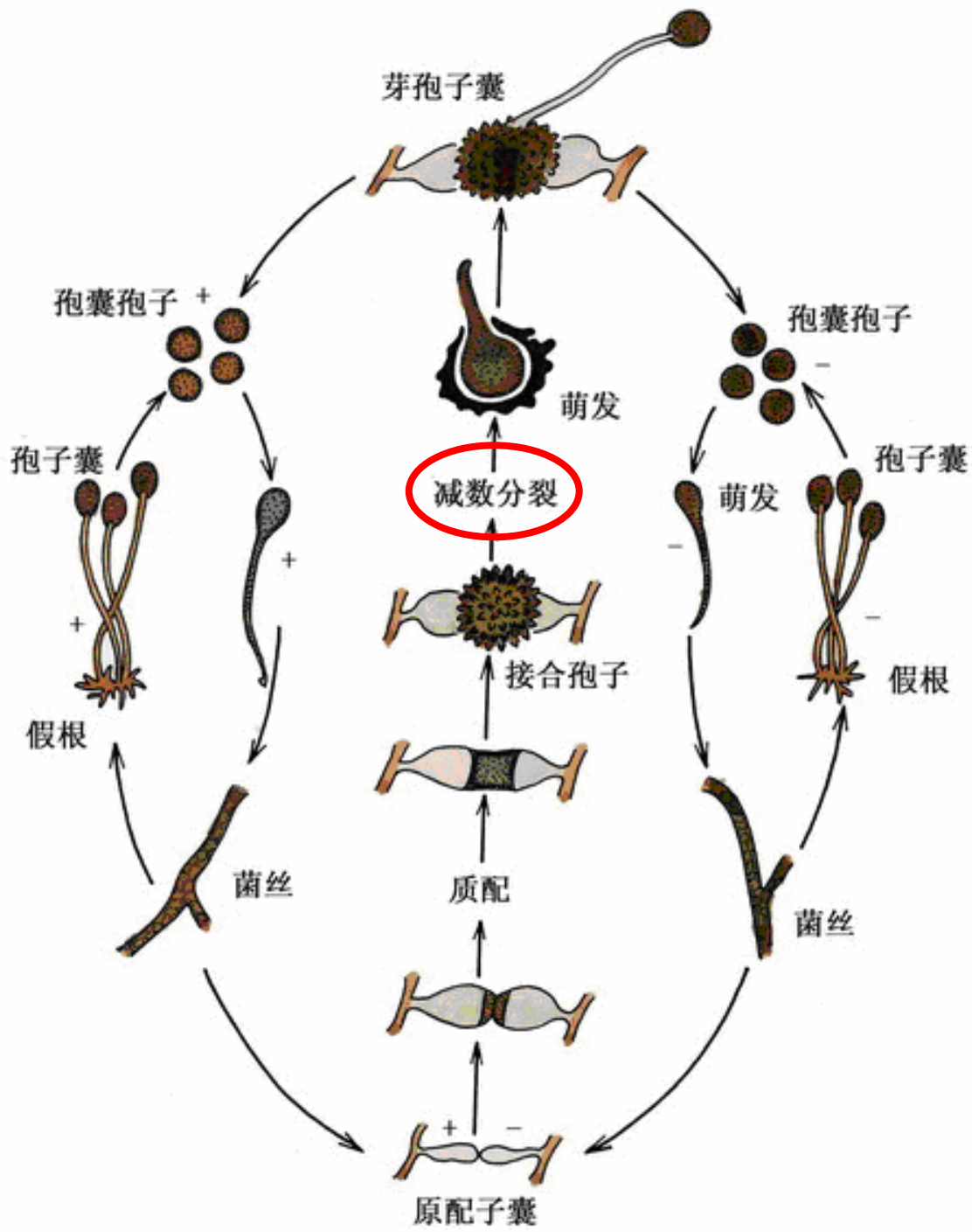
孢囊孢子的形成 (每块原生质体2-10个核)



Rhizopus stolonifer



Rhizopus -black bread mold



➤有性生殖为接合生殖，异宗配合。

➤接合孢子具多数 $2N$ 核，囊壁具疣状突起，孢子壁平滑。孢子萌发形成芽孢子囊，芽孢子囊产生孢子，由孢子分别发育成“+”、“-”菌丝

2、毛霉属 *Mucor*

分生孢子囊梗单生，有时具分枝，单轴分枝、合轴分枝。

毛霉属与根霉属很相似，两者常混生。主要区别：①根霉有匍匐菌丝和假根，毛霉无。②根霉属有囊托，毛霉无。③毛霉的孢子囊梗单条发出。





用途:

- ①酿酒: 根霉、毛霉的一些种含大量淀粉酶, 将淀粉转变为多种糖, 然后再用酵母, 将糖再转化为酒
- ②羊毛脱脂, 山羊皮软化: 有些种具脂肪酶, 可分解脂肪。
- ③含果胶酶, 分离麻纤维。
- ④含蛋白酶, 分解大豆, 用于制豆腐乳。
eg: 四川豆豉用总状毛霉制作。

毛霉病: 毛霉目中 *Mucor*, *Rhizopus*, *Absidia*, *Cunninghamella* 等属常侵害脑部、肺部、鼻窦等处引起, 死亡率70-90%, 艾滋病患者死亡率可达100%



毛霉目 水玉霉的孢子弹射