

- Fungal phylogeny

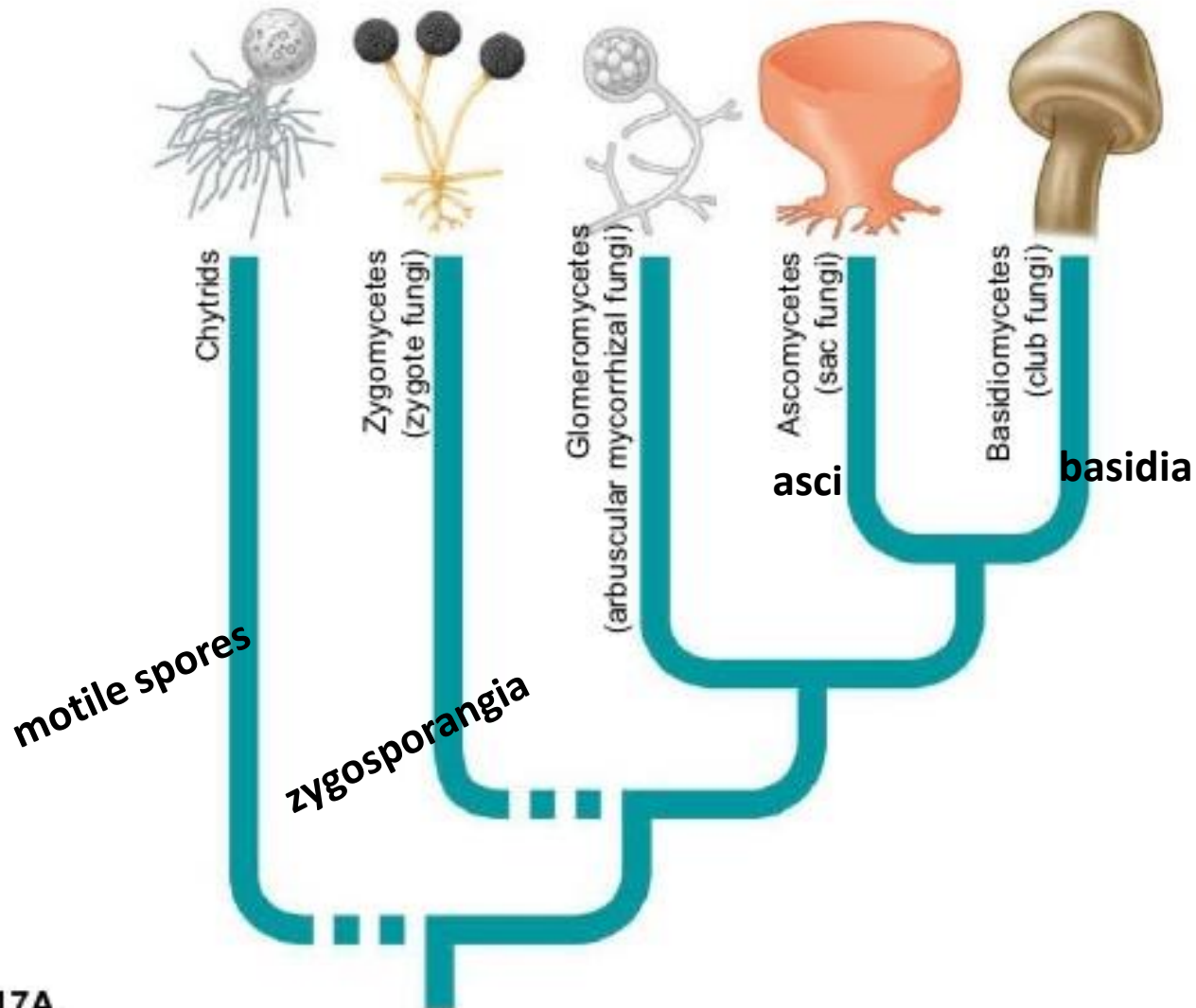
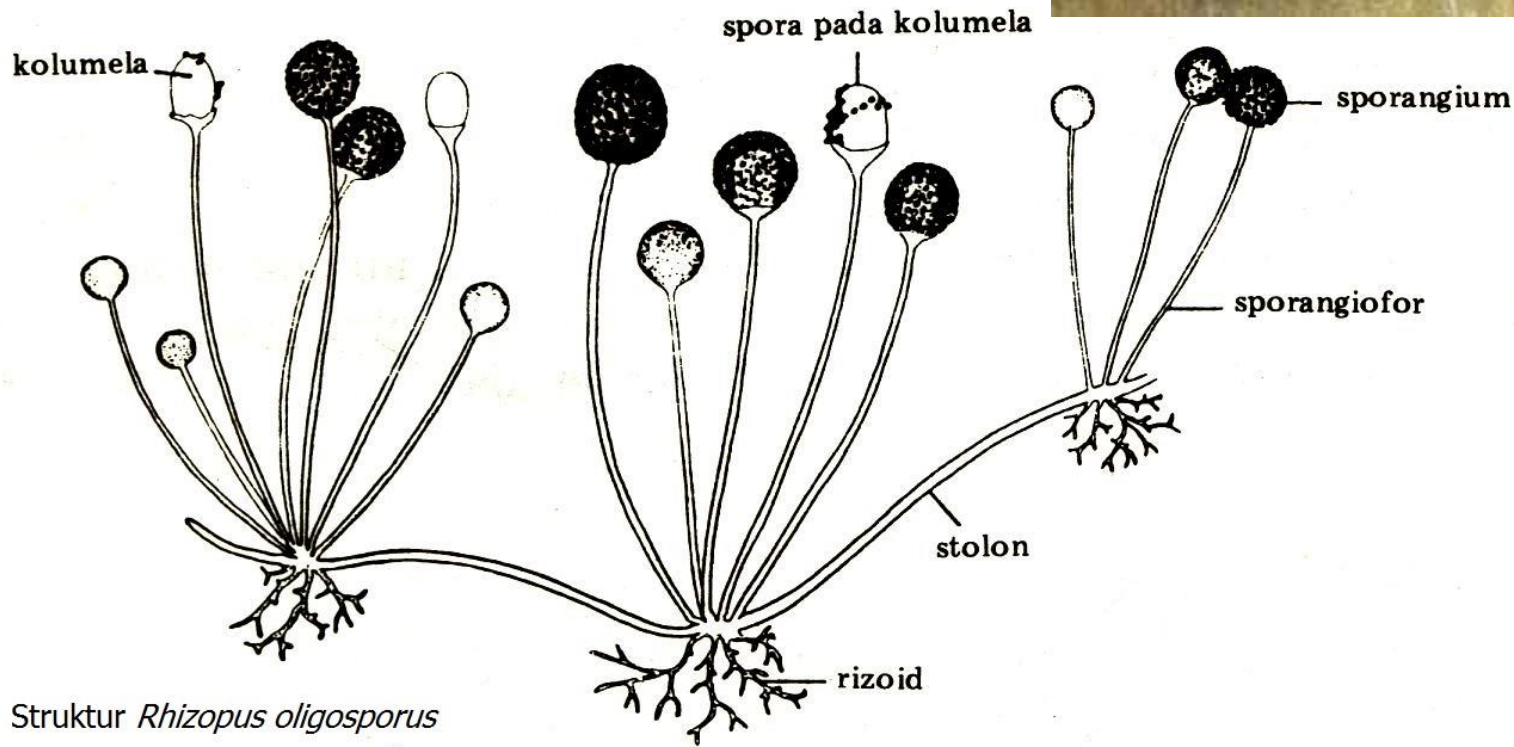


Figure 17.17A

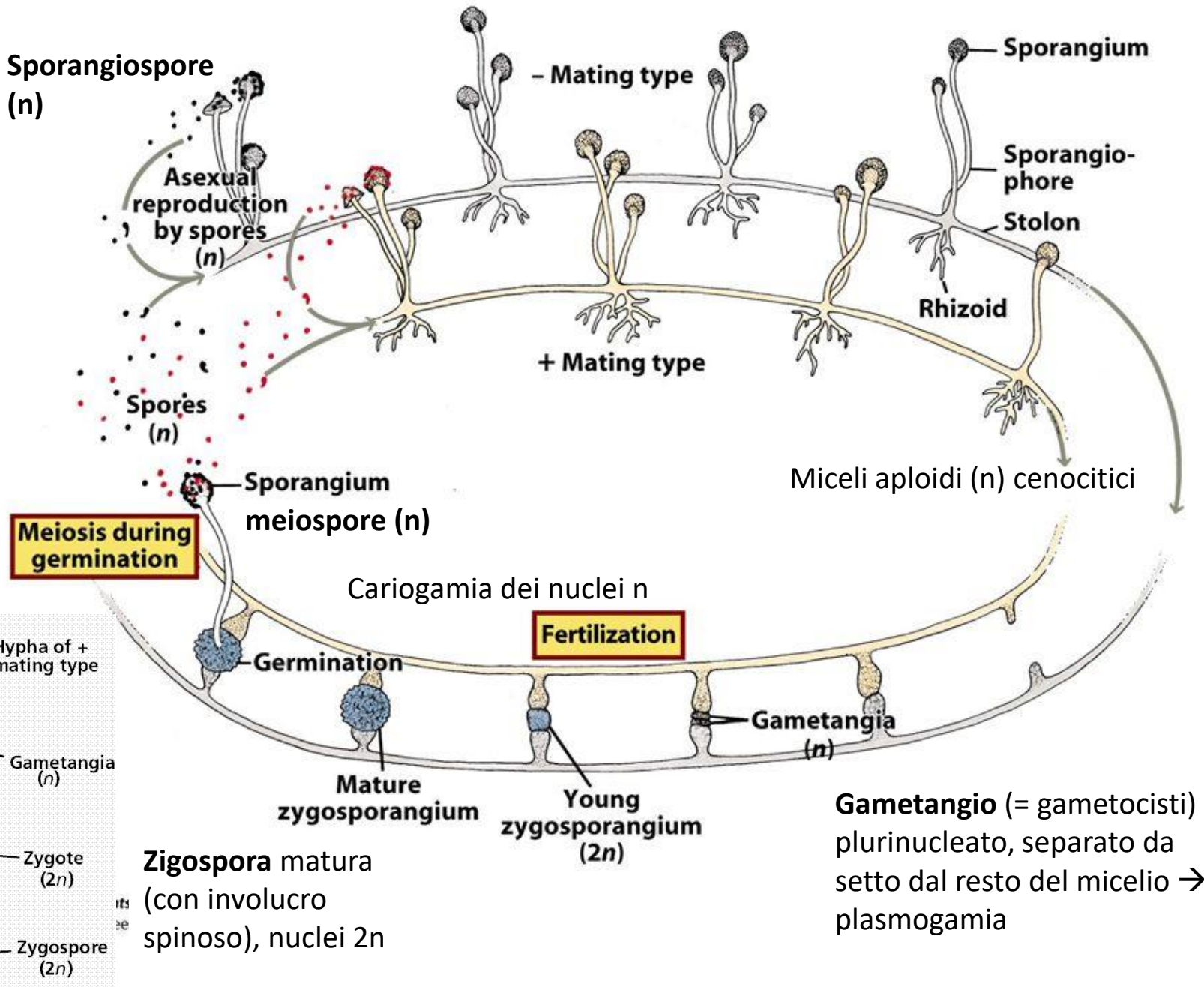
# ZIGOMICETI

- Saprofiti e parassiti - Mucorali
- Spore non mobili
- Non dipendono dall' H<sub>2</sub>O per la dispersione
- Ife cenocitiche (= senza setti !!)
- Riproduzione sessuata con produzione di sporangi (strutture bulbose a forma di giogo = **zigosporangi** ancorati al substrato da **rizoidi**)

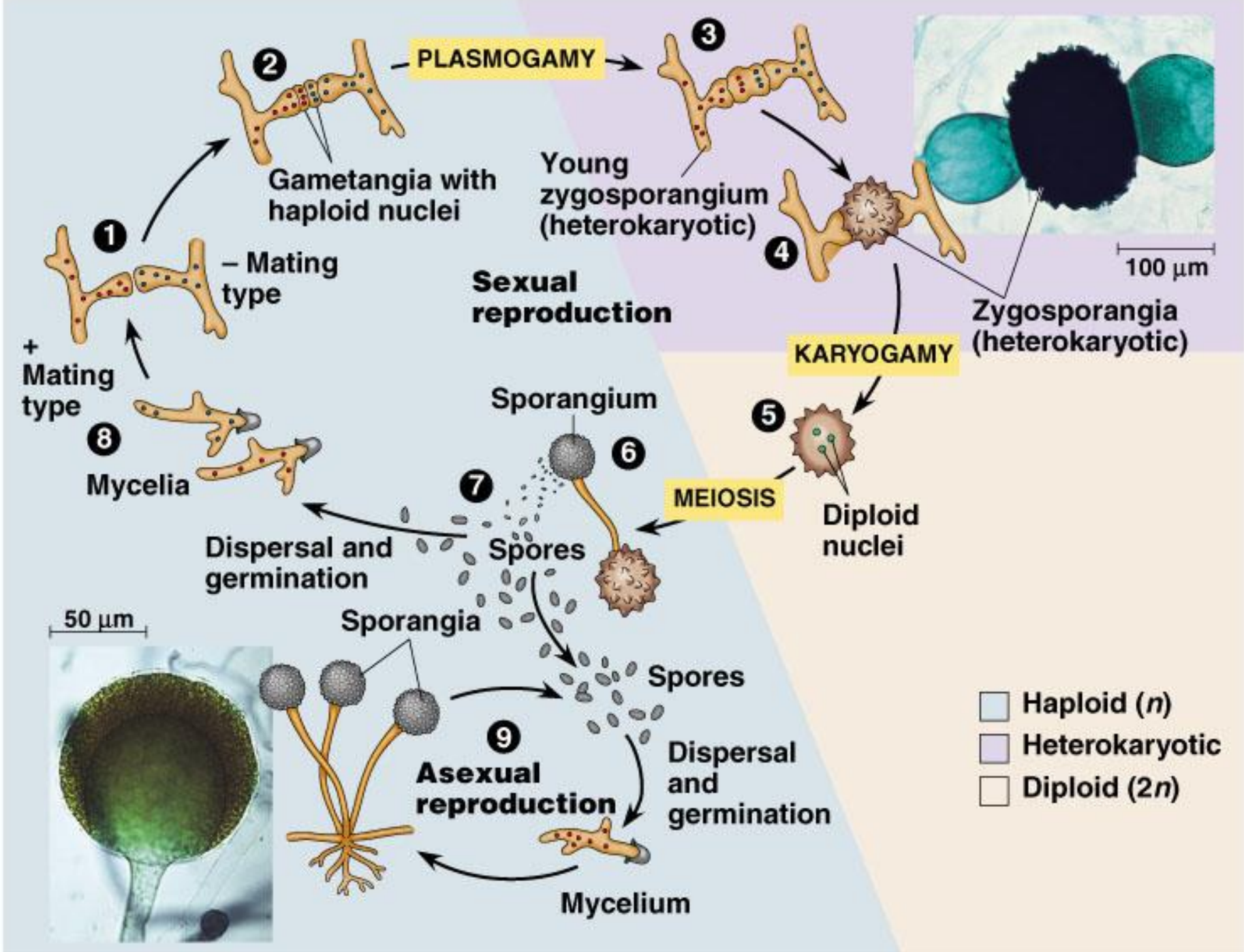


Struktur *Rhizopus oligosporus*

# Zigomiceti: ciclo riproduttivo sessuale



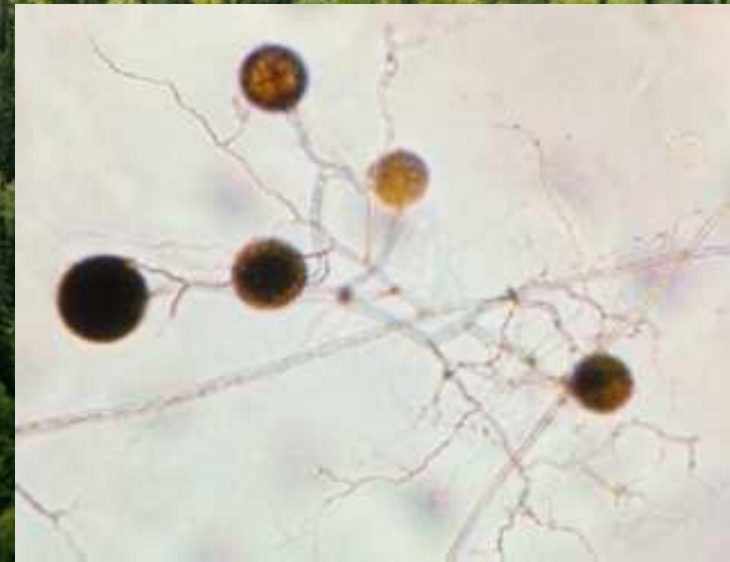
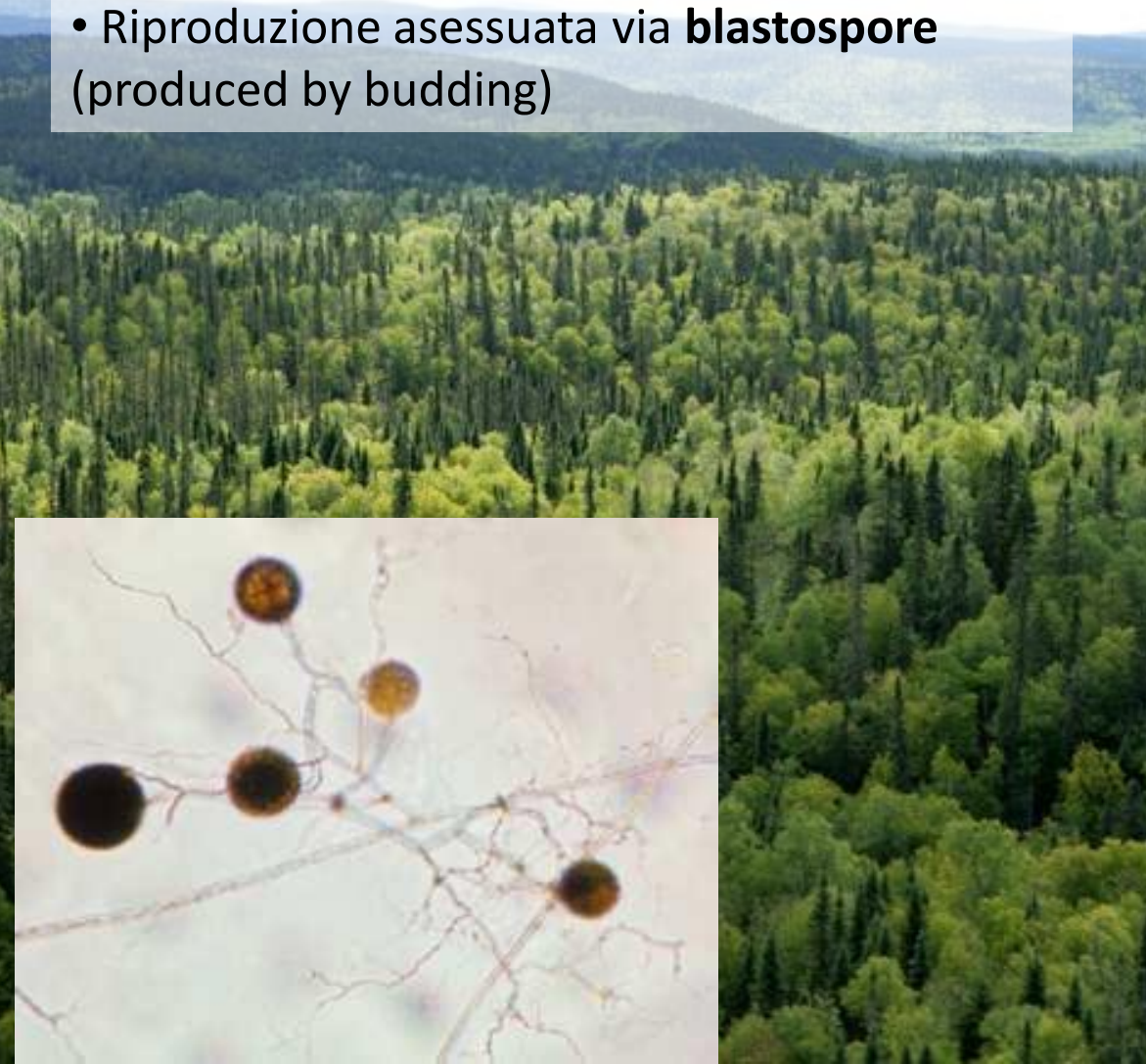






# GLOMEROMICETI

- **AMF**: arbuscolar mycorrhizal fungi
- La maggior parte sono funghi ipogei
- **Micelio cenocitico (!!)**
- Riproduzione a sessuata via **blastospore** (produced by budding)



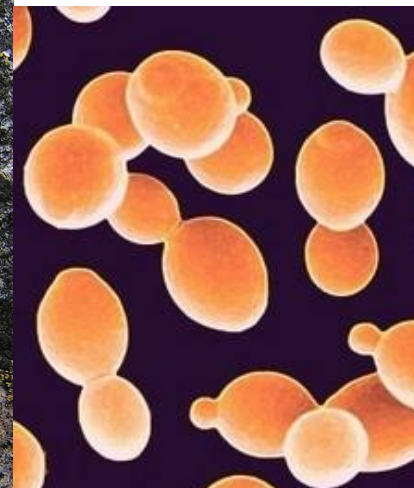


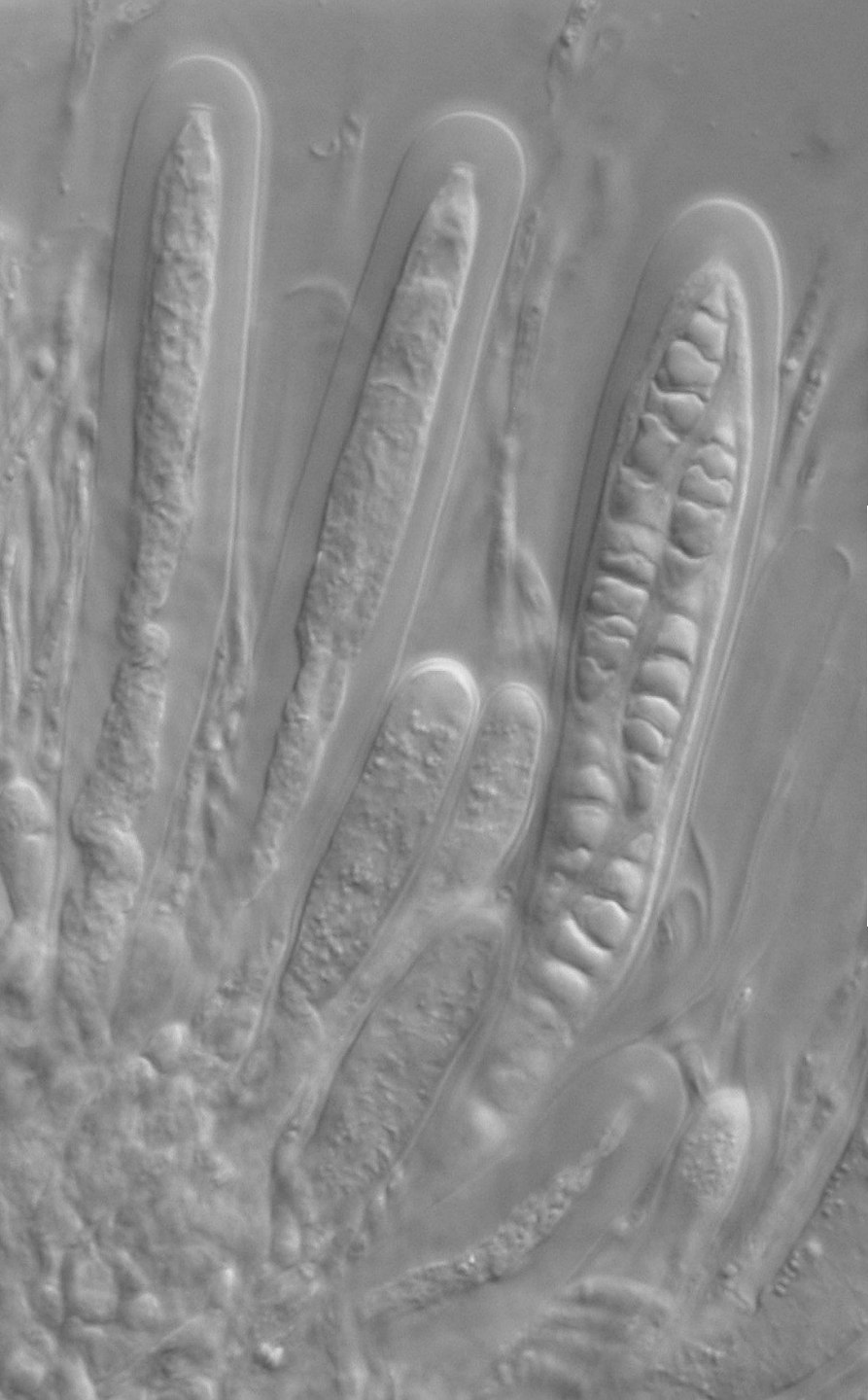
# ASCOMICETI (PHYLUM ASCOMYCOTA)

30-40.000 specie a livello mondiale

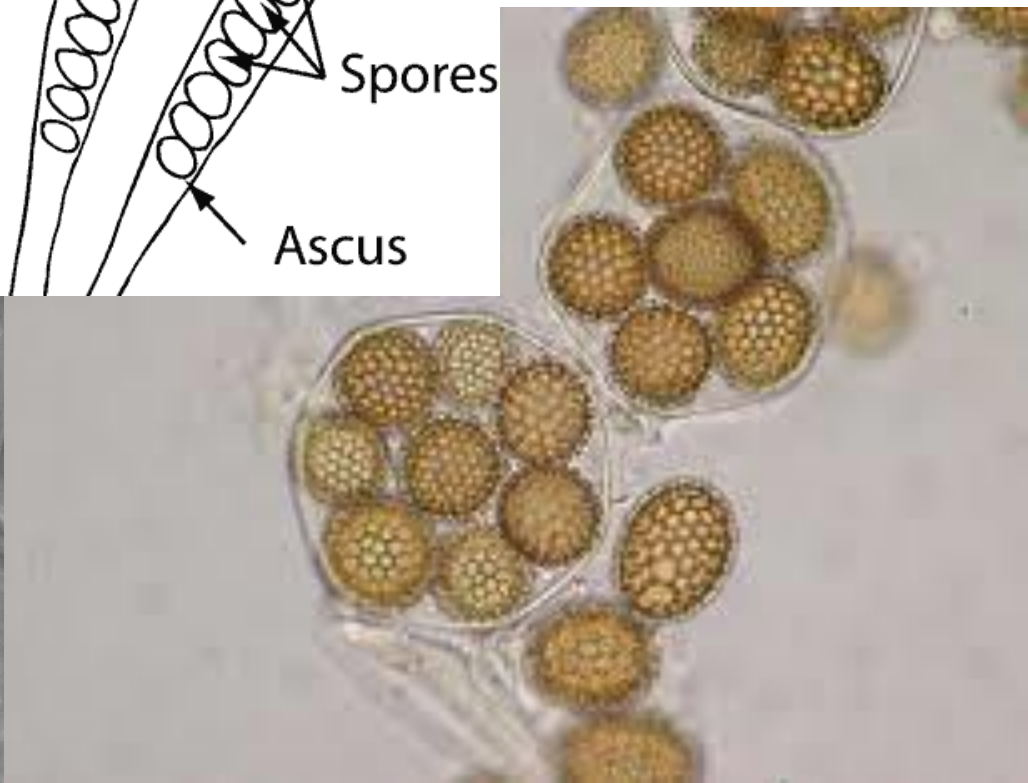
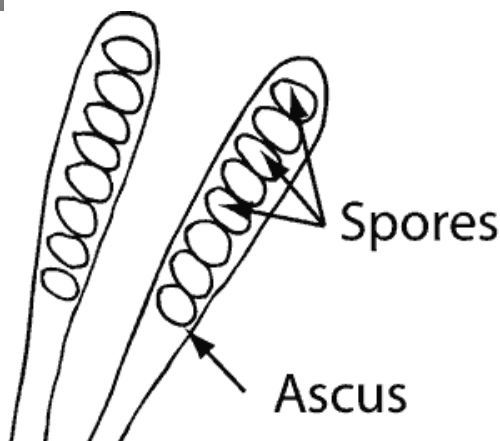
Tre gruppi principali:

- **Pezizomycotina**: taxa con micelio filamentoso e carpofori di varia forma;
- **Saccharomycotina**: producono solo eccezionalmente un micelio, forma unicellulare (lieviti!)
- **Taphrinomycotina**: dimorphic! producono una forma unicellulare (lieviti) ed una filamentosa





- Ife (se presenti) settate con setti trasversali perforati
- Micelio con cellule uni- o binucleate
- Produzione di meiospore aploidi all'interno di un sacco, chiamato **ASCO**

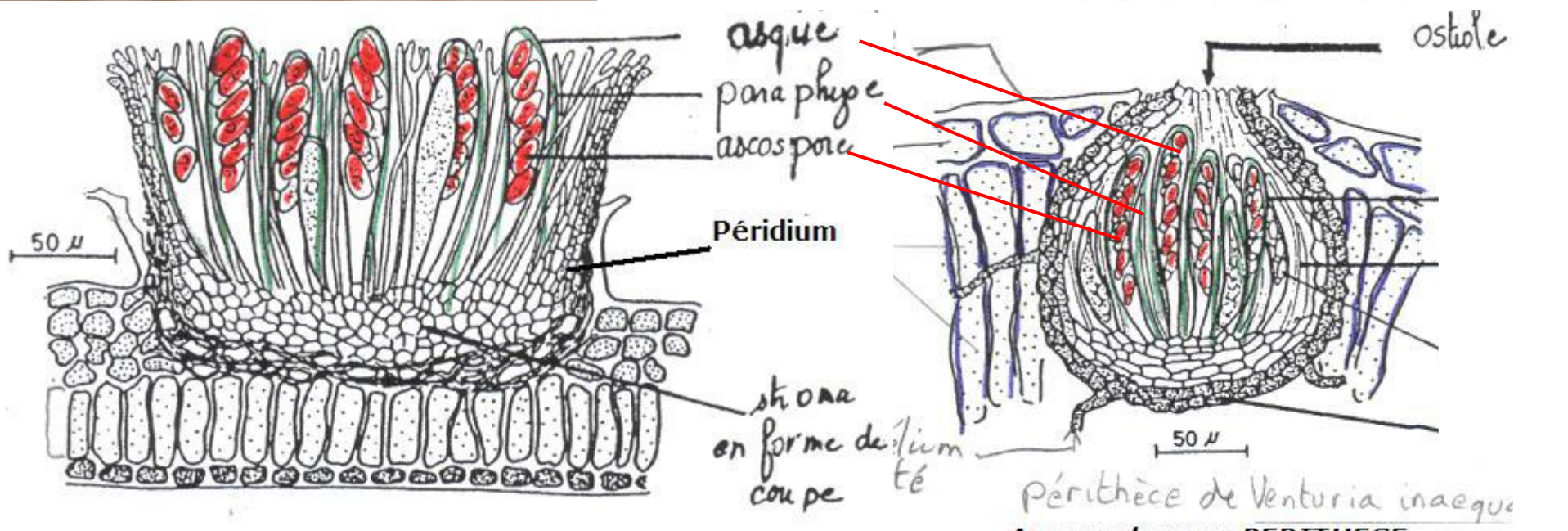
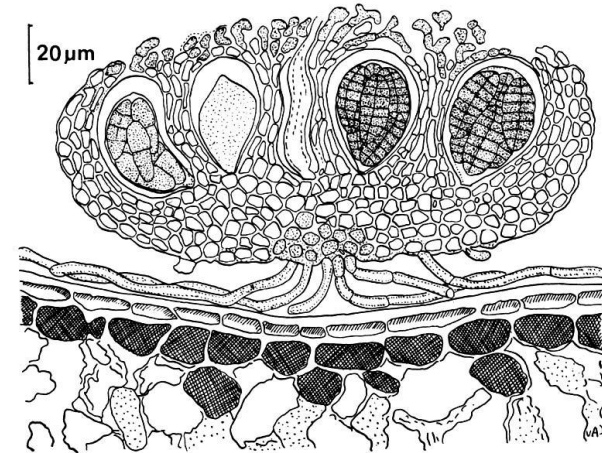




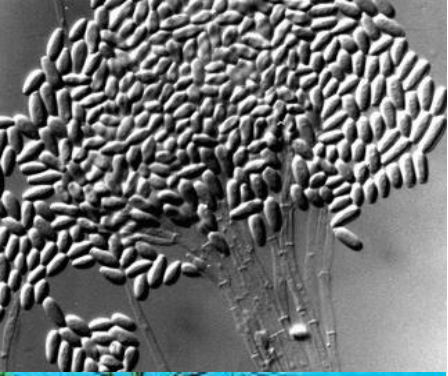
aschi in **APOTECI**  
(discomiceti)



aschi in **PERITECI** (pirenomiceti  
& loculomiceti)







Help keep Alberta Dutch Elm Disease free.

**DON'T PRUNE ELM TREES  
FROM APRIL 1 TO SEPT 30**



Government  
of Alberta

1-877-837-ELMS  
[www.stopded.org](http://www.stopded.org)

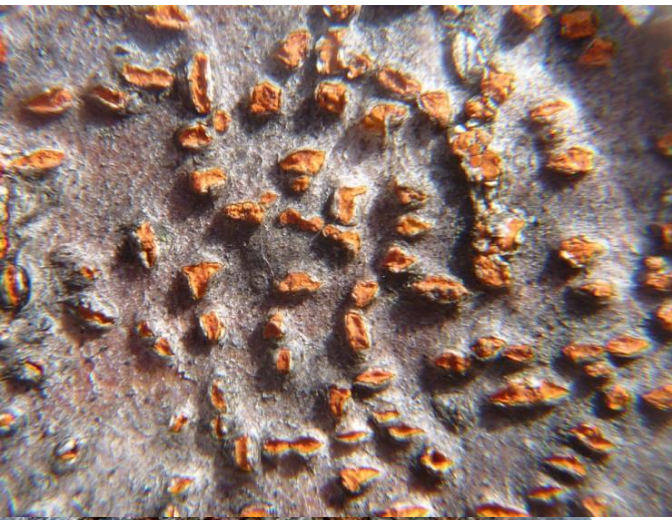


***Graphium (Ophiostoma ulmi*** è più aggressivo di ***O. novo-ulmi***) agenti eziologici della grafiosi dell'olmo (elm dutch disease)





***Cryphonectria parasitica***  
(su *Castanea sativa*);



***Fusarium oxysporum*** (su *Musa* sp.)





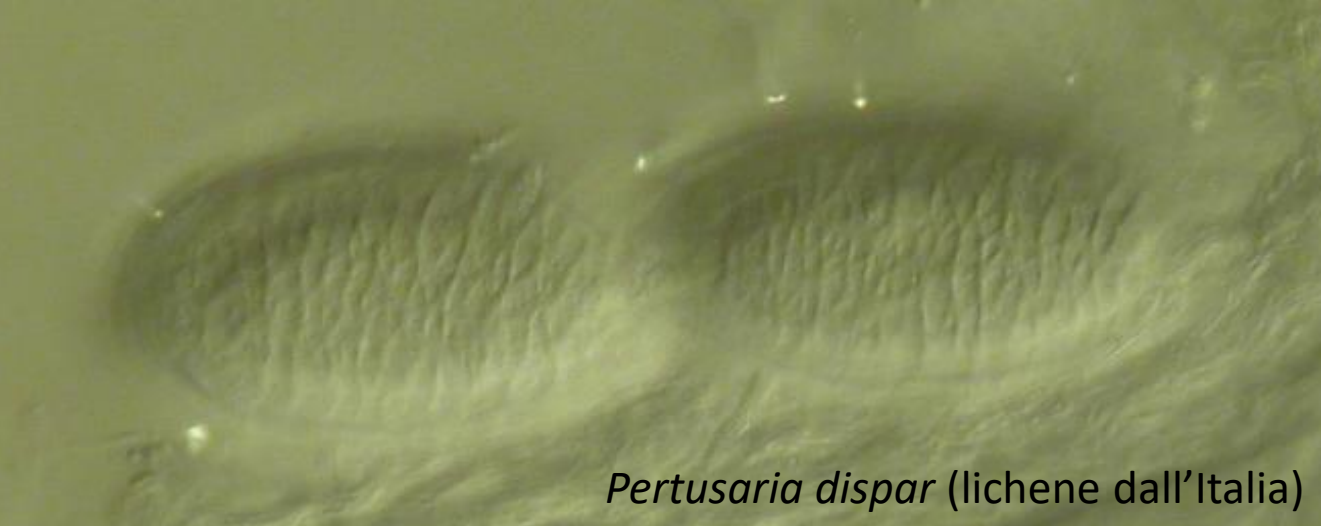


## ***Claviceps purpurea***

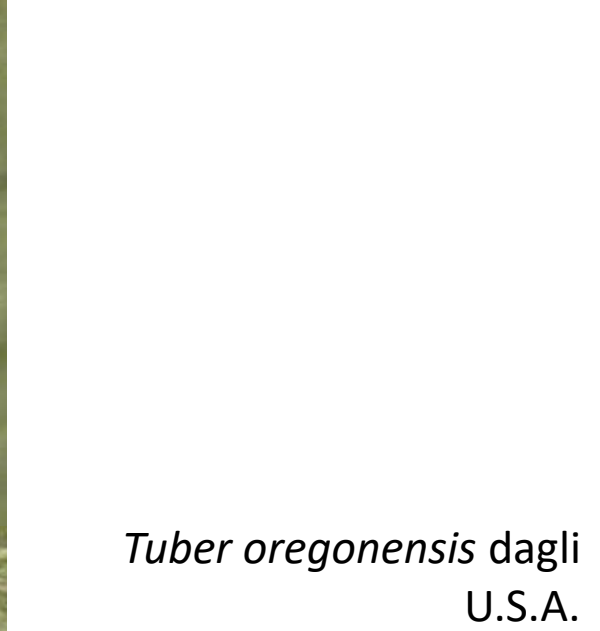
- segale cornuta
- ergot (=sperone in Francese)
- Alcaloidi vasocostrittori, recettore serotonina (SNC); resistenti ad alte temperature → ergotismo (pane di segala)







*Pertusaria dispar* (lichene dall'Italia)

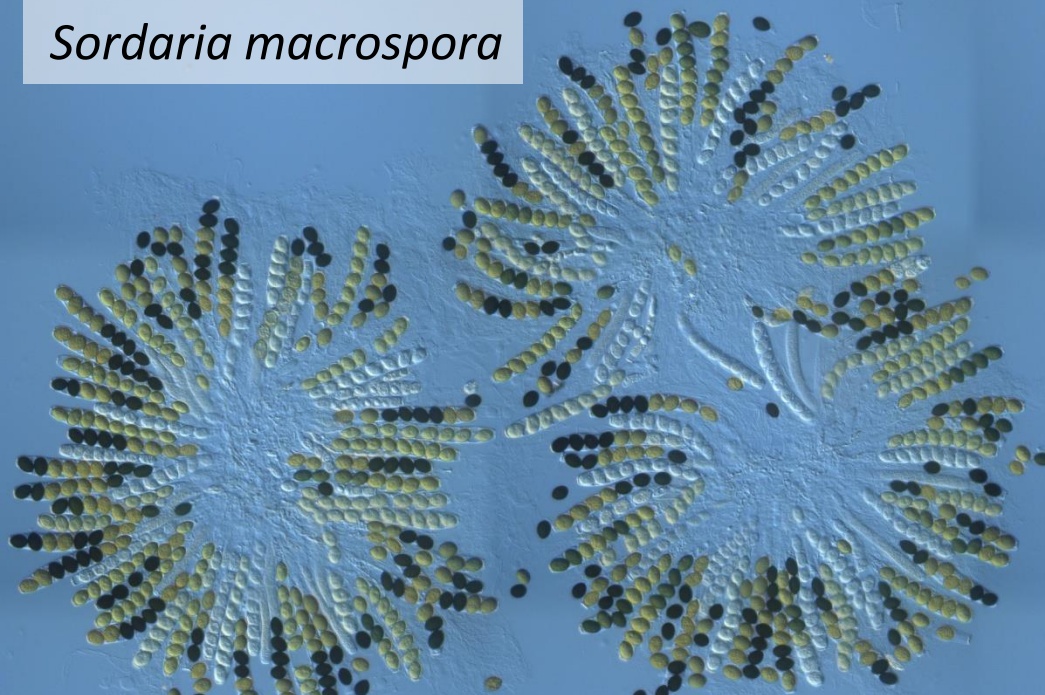


*Tuber oregonensis* dagli U.S.A.





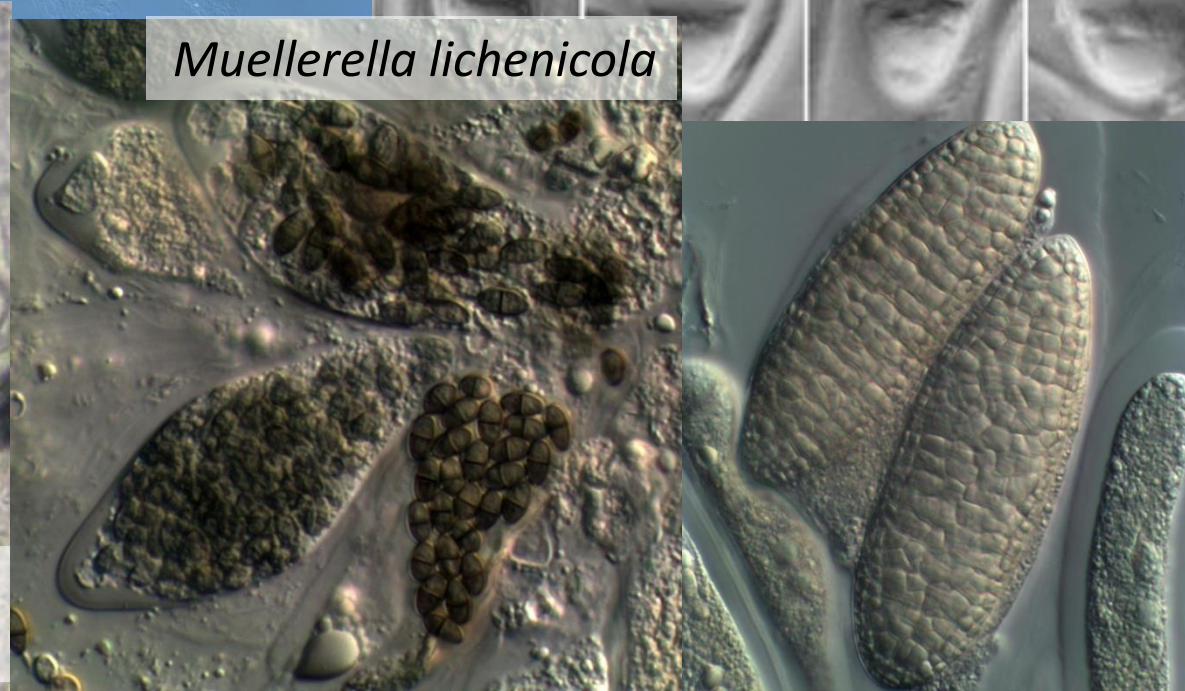
*Sordaria macrospora*



*Caloplaca* sp.



*Muellerella lichenicola*

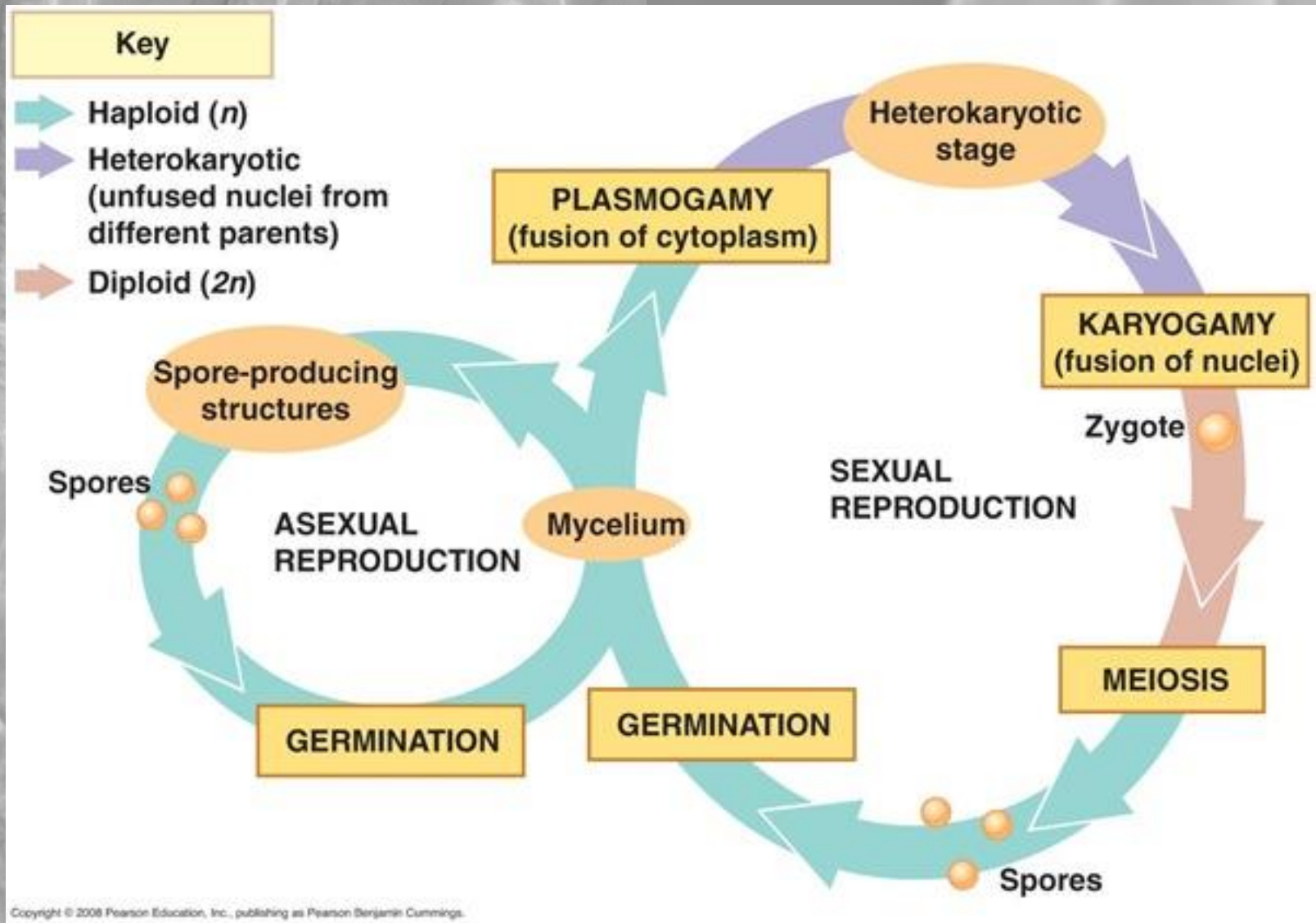


*Rhizocarpon geograficum*





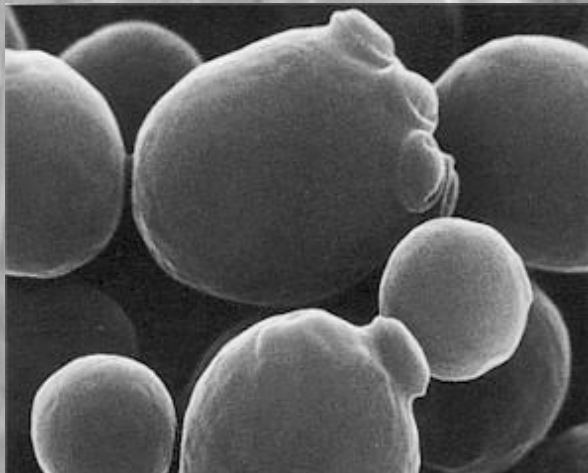
# Ciclo riproduttivo degli ASCOMICETI



# Riproduzione sessuata: diversità e compatibilità dei 'mating types'

**Mating type:** identità sessuale di un micelio fungino (MAT: mating type locus; Heterothalli vs Homothalli).

few mating types (bipolars mating system: 1 MAT locus, biallelic, 2 mating types)



*Saccharomyces cerevisiae*

Many mating types >10.000 (tetrapolares mating system: 2 independent MAT loci, homedomain factor (HD), pheromone/ pheromon receptor (P/R), each with many alleles)



*Schizophyllum commune*

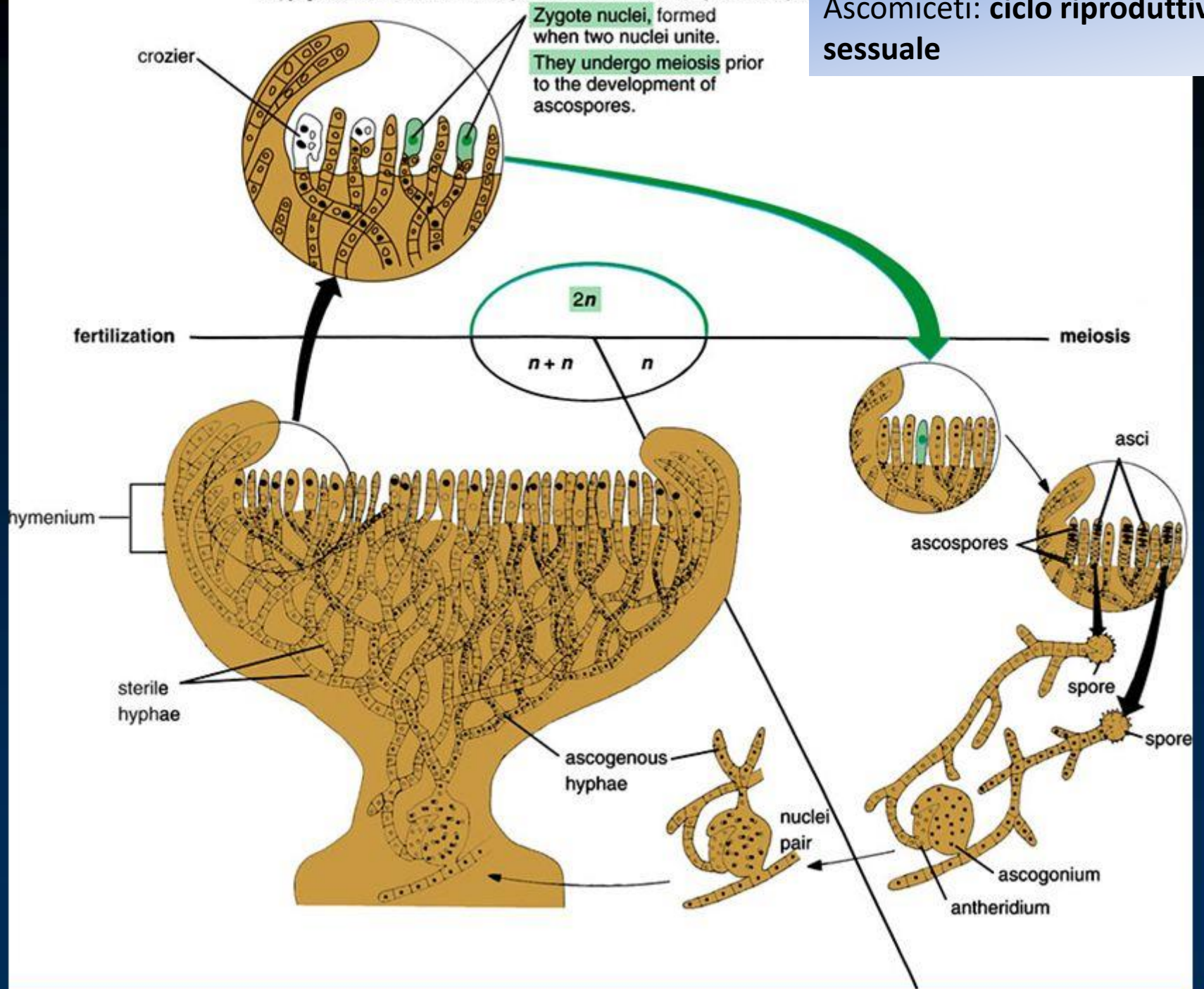
# Sexual reproduction and combinations of mating types

Fungi **Omothallici** : nuclei provenienti dallo stesso individuo/micelio possono formare uno zigote (Cariogamia).

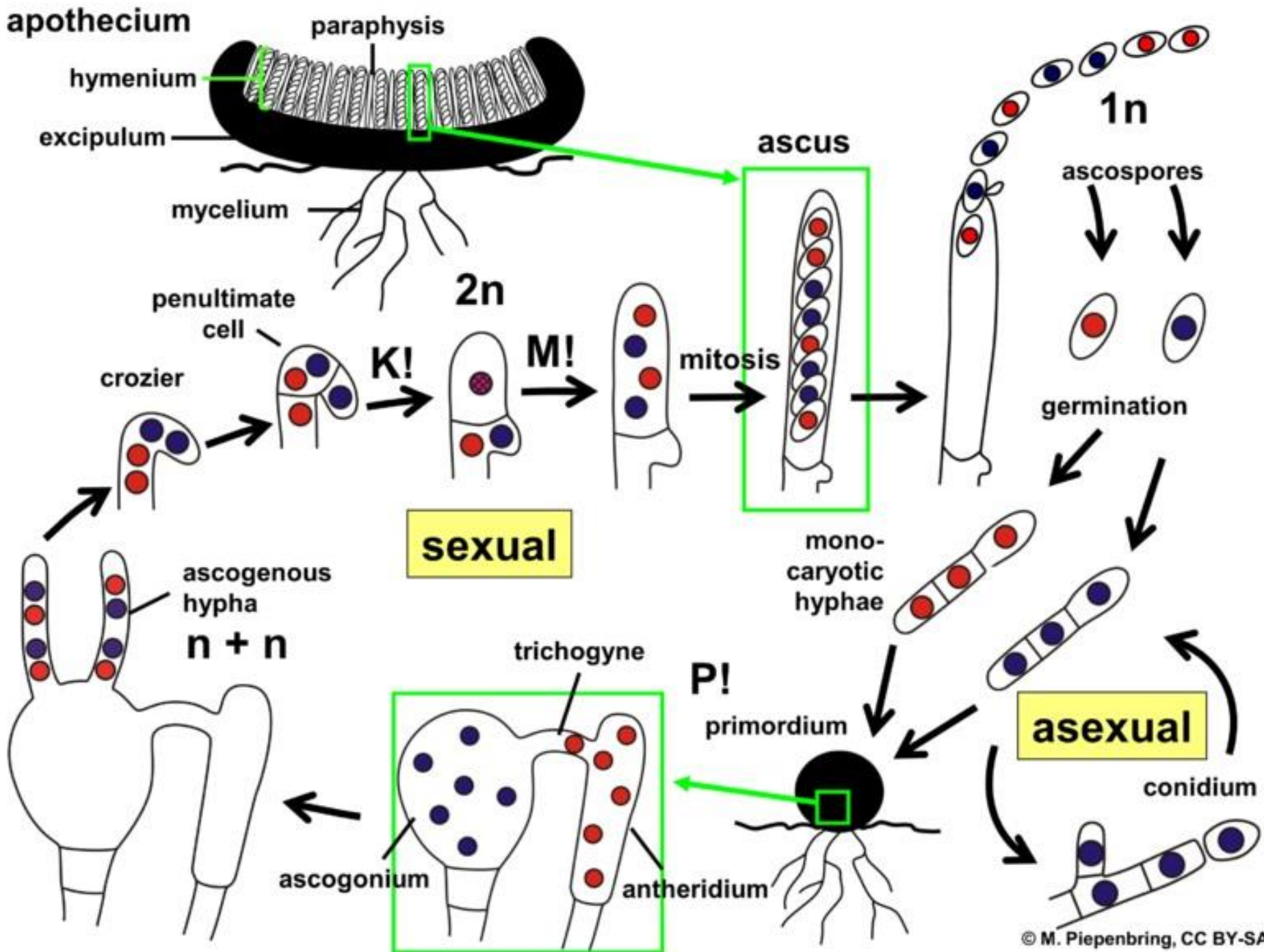
Fungi **Eterothallici** : due miceli di mating type diversi sono necessari per formare uno zigote.



# Ascomyceti: ciclo riproduttivo sessuale



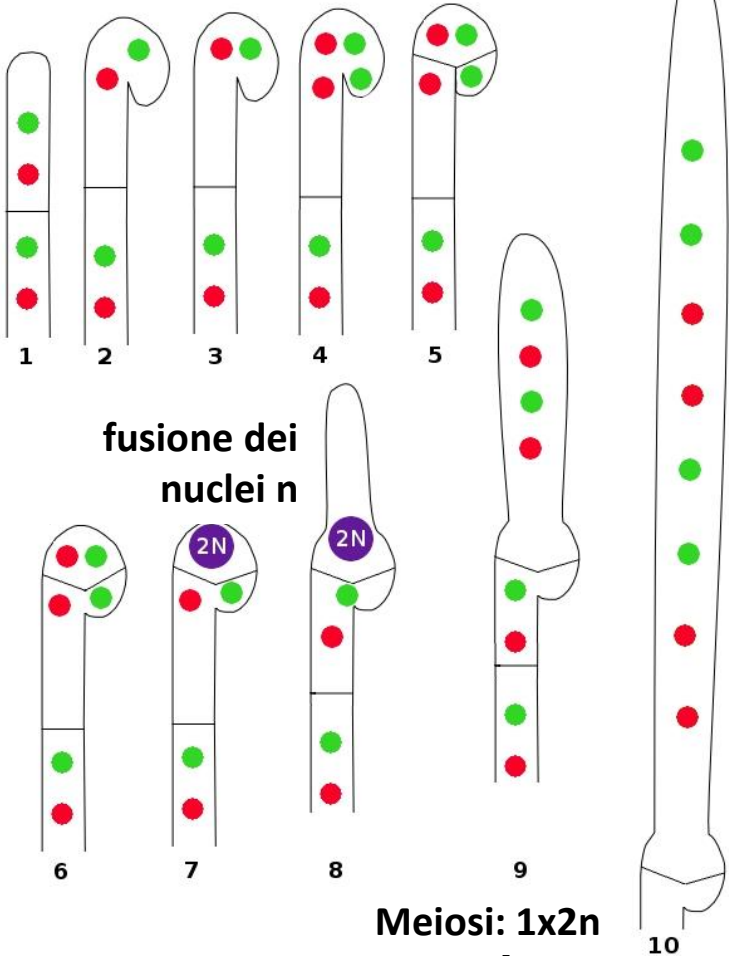






# Ascomiceti: ciclo riproduttivo sessuale

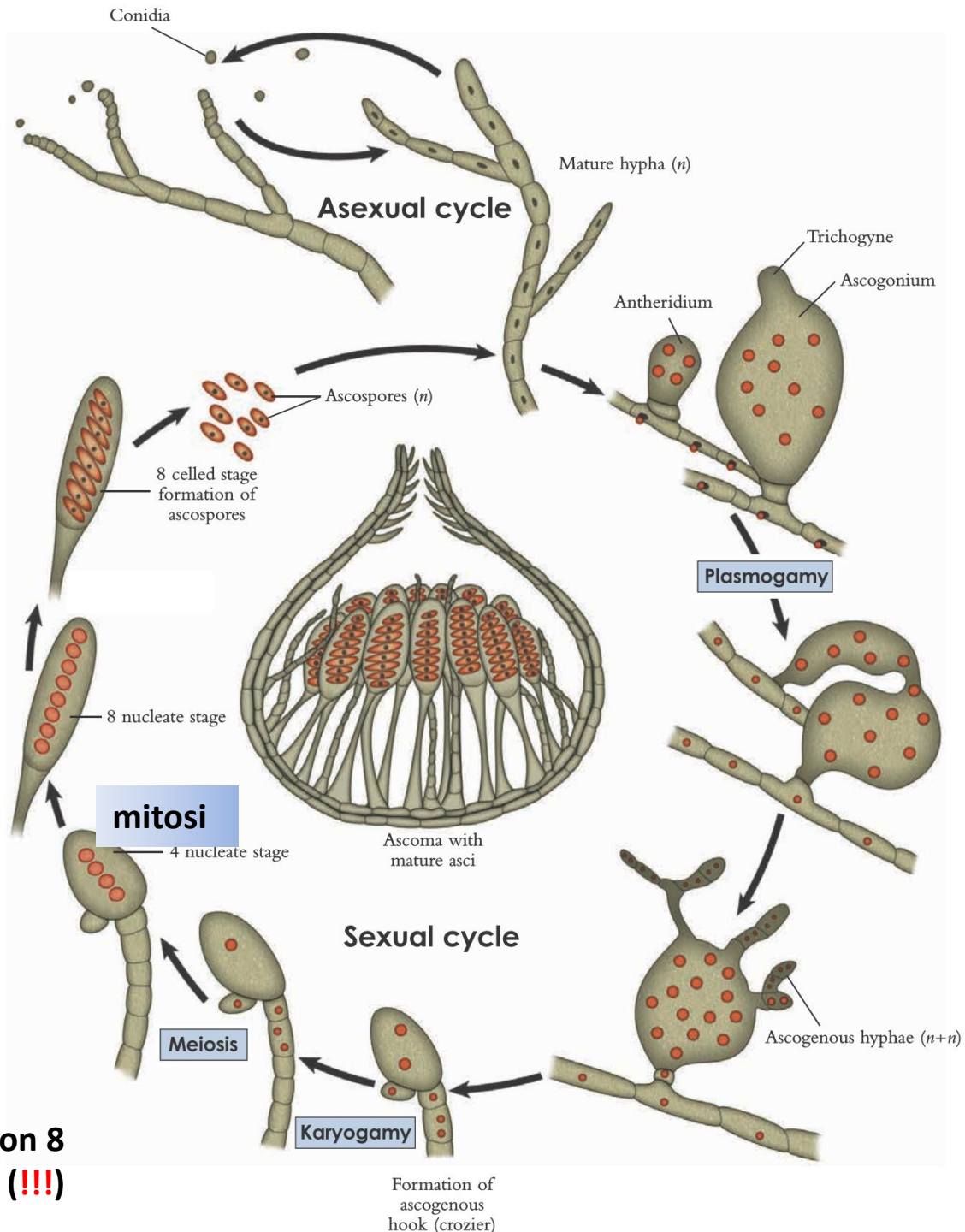
## formazione crozier con mitosi



## fusione dei nuclei n

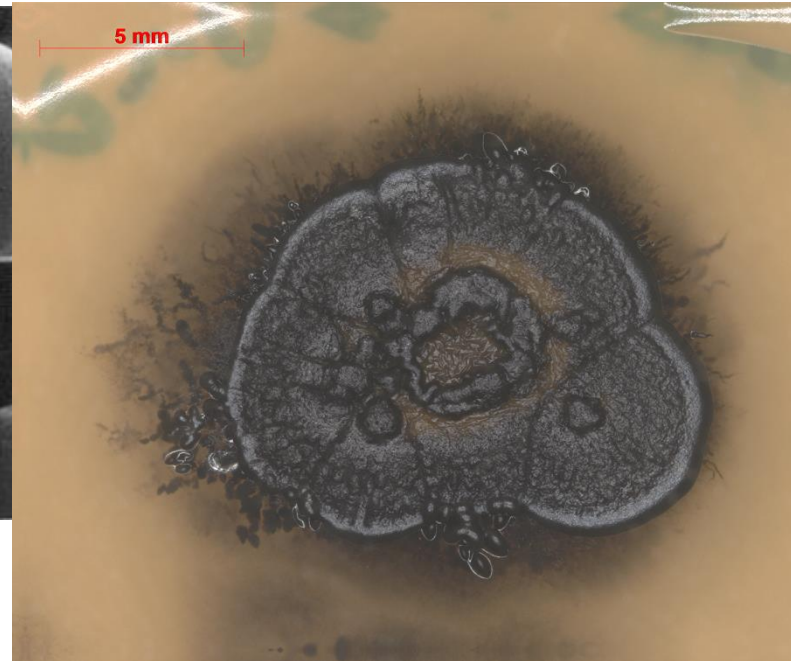
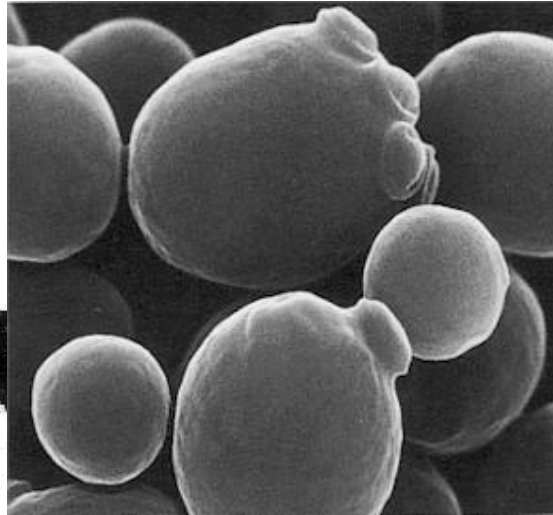


Asco con 8 nuclei (!!!)

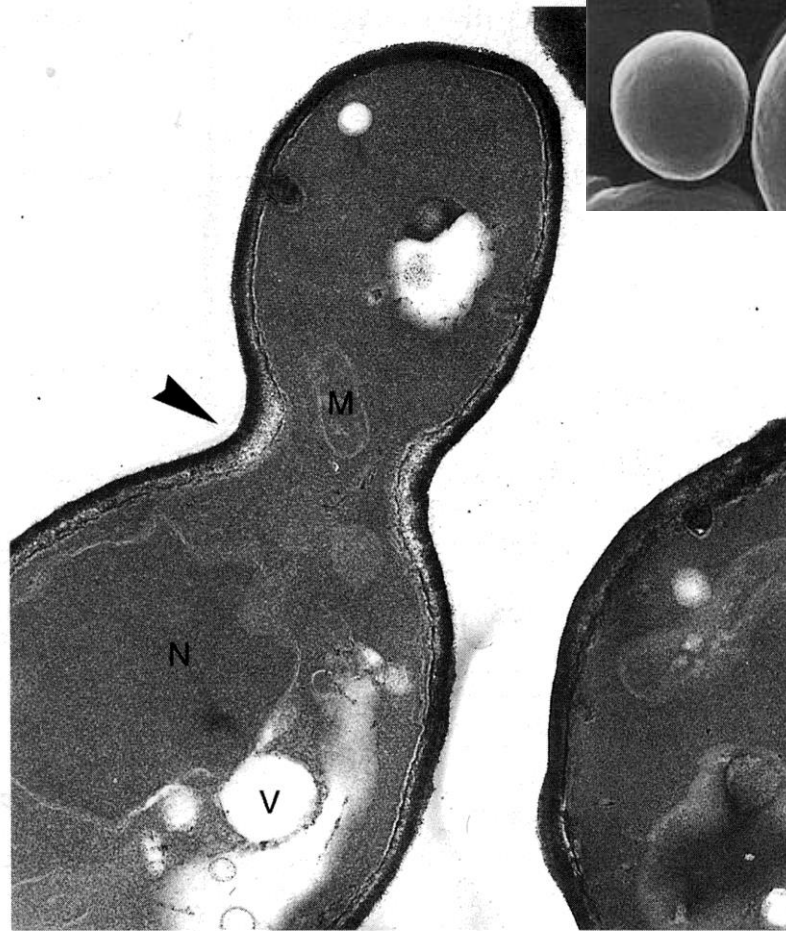




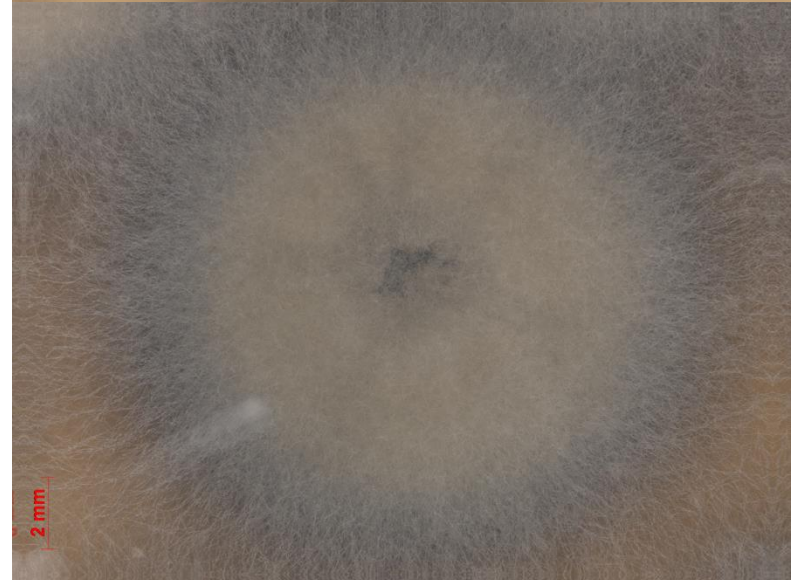
**Lieviti:** funghi monocellulari che si riproducono principalmente per gemmazione. Alcuni possono assumere la forma filamentosa, e.g. black yeast (*Hotaea*, *Aureobasidium*)



*Hotaea  
werneckii*

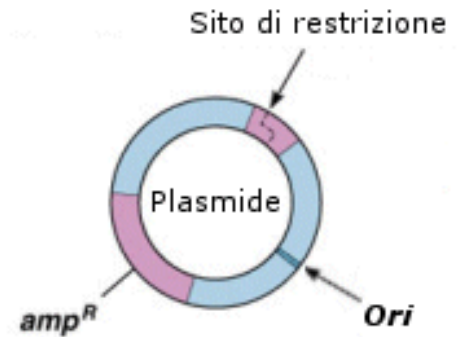


*Saccaromyces  
spp.*





# LIEVITI (Saccharomyces)



Gene per la resistenza antibiotico (Ampicillina)

Sito di origine per replicazione DNA



# *Saccharomyces cerevisiae* :

- lievito (ascomycetous yeast)
- anaerobio facoltativo → energia ricavata  
1. processo aerobico, 2. fermentazione  
malo-alcolica (soprattutto in  
*Schizosaccharomyces*, acido malico in alcol  
etilico:  $\text{COOH-CHOH-CH}_2\text{-COOH} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH-CH}_3 + 2\text{CO}_2$ )
- Glucosio, maltosio, fruttosio e trealosio  
come substrati organici
- Ammonio ( $\text{NH}_4^+$ ) ed urea ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) come  
fonti di azoto
- Organismo modello
- Genoma sequenziato nel 1996, 23% dei  
geni condivisi con l' uomo
- Tempo di moltiplicazione 1,5-2 ore a  $30^\circ\text{C}$
- Meiosi (**n !!!**) mating types  $\alpha$  ed  $a$
- Uso industriale e per studi genetici





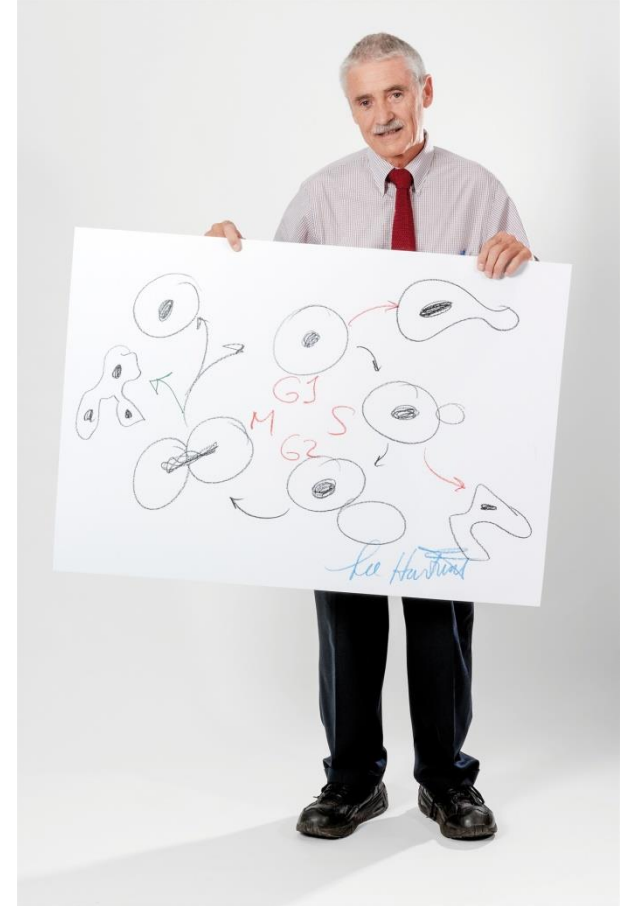
**Leland Hartwell**, premio Nobel 2001 per la Fisiologia e la Medicina grazie agli studi sul **ciclo cellulare** usando come sistema modello *S. cerevisiae*.

Tra il 1970 e il 1971 isolò cellule di lievito in cui i singoli geni che controllano il ciclo cellulare erano mutati.

→ Identificò specifici geni direttamente coinvolti nel controllo del ciclo cellulare, **CDC-genes** (cell division cycle genes"). Il **CDC28**, controlla il primo passo nella progressione di eventi della fase G1 del ciclo cellulare (la funzione "start").

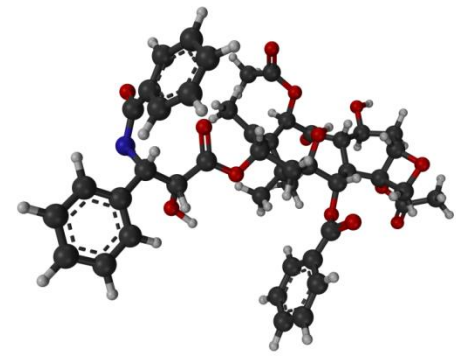
→ Identificò il ruolo dei specifici checkpoints della mitosi.

Lieviti in ingegneria genetica → trasformati per la produzione di sostanze secondarie direttamente *in vitro*.



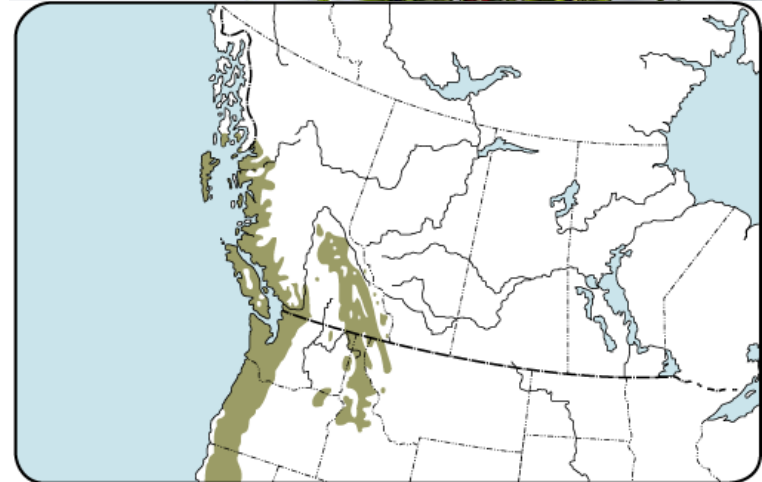
**TAXOLO**, scoperto nel 1967 da Wall & Wani, che lo isolarono dalla corteccia del tasso del Pacifico (*Taxus brevifolia*).

Taxolo = **paxene** o **paclitaxel**, inibisce la mitosi cellulare (interazione con microtubuli, alterazione dell'equilibrio di polimerizzazione/depimerizzazione) → utilizzo in terapie anti cancro (neoplasie avanzate di carcinoma del polmone, dell'ovaio, della mammella, della regione testa-collo e delle forme avanzate del sarcoma di Kaposi)



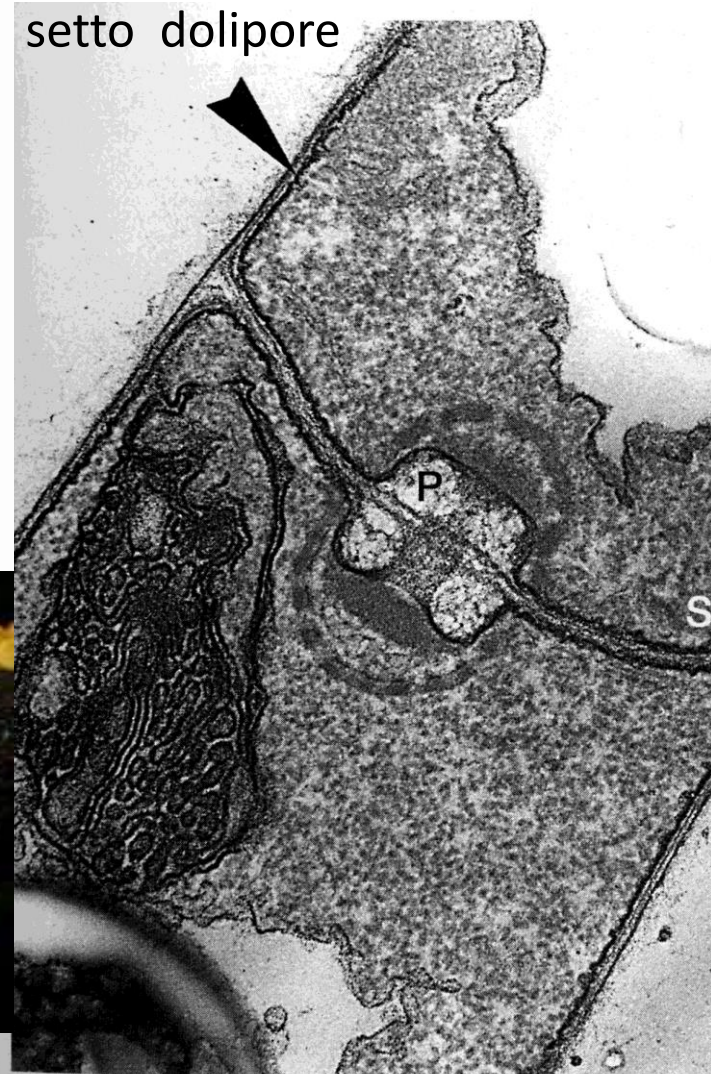
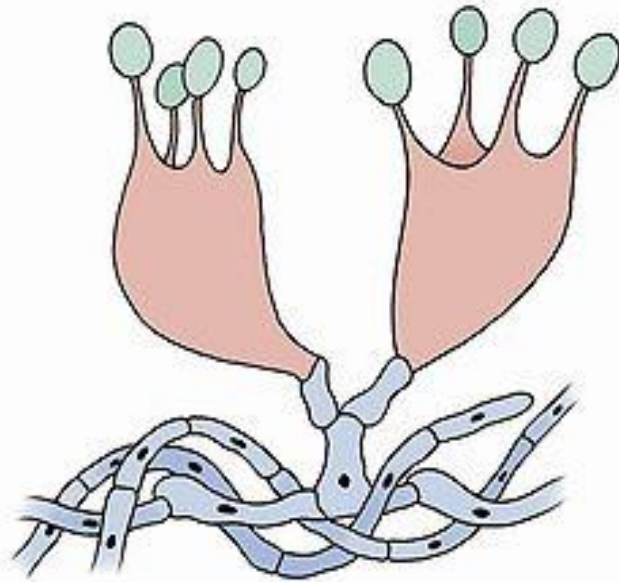
100 mg / kg di scorza → abbattimenti considerati di popolazioni naturali di *Taxus brevifolia* → estrazione possibile anche dalle foglie, con necessità di eliminare altri alcaloidi presenti e fortemente tossici

**Via metabolica del taxolo clonata in lievito**  
fallito in *Agrobacterium* ed *Arabidopsis thaliana*.





# BASIDIOMICETI





Circa **30-35.000 specie**

Tre gruppi principali (subphyla):

- **Agaricomycotina:** con basidiocarpi (= corpi fruttiferi) con un tessuto sporigeno (imenio) o meno.
- **Pucciniomycotina:** senza basidiocarpi, con basidi raggruppati in masserelle diffuse (sori) a ricoprire la superficie del micelio o del substrato, cicli riproduttivi molto complessi, parassiti di piante e animali.
- **Ustilagomycotina:** senza basidiocarpi, parassiti tumorigeni delle piante.

... la maggioranza dei funghi che raccogliamo e mangiamo: boleti, galletti, ovoli, manine, russole, chiodini, prataioli...





- Produzione di monoterpeni dall'aroma dolce (linalolo) o di rosa (geraniolo e nerolo; e.g. *Trametes odorata*); usati nella produzione del **mentolo**.



- Storicamente conosciuti per le loro proprietà medicinali, e.g. *Ganoderma lucidum*, *Trametes versicolor*, *Fomes fomentarius*; più di **270 specie** utilizzate nella medicina e coltivate a livello industriale.



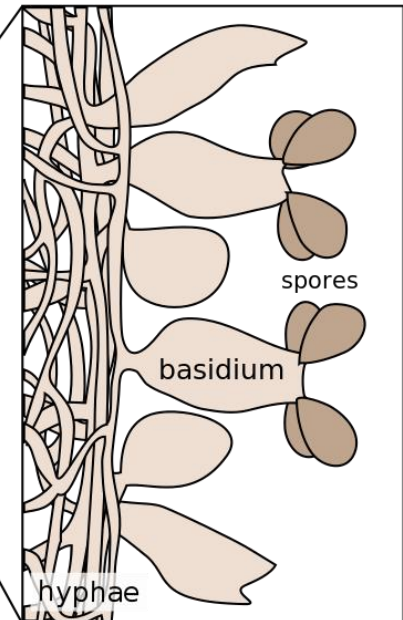
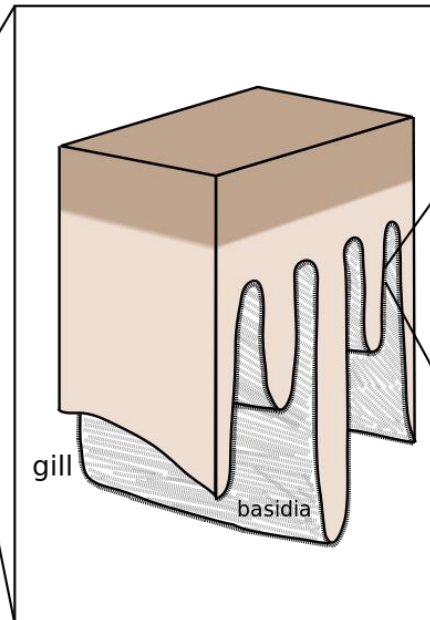
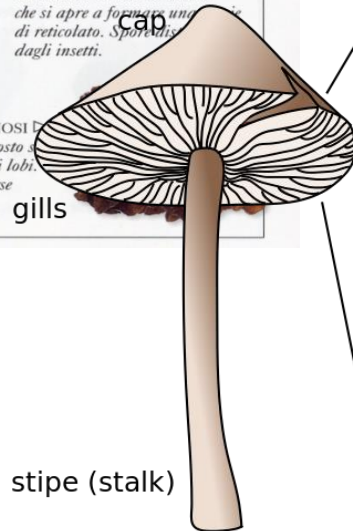
- Demolitori di lignina («marciume bianco») → utilizzo a livello industriale (industria della carta), e ambientale (processi di biorimediazione), e.g. *Phanerochaete chrysosporium*, *Bjerkandera adusta*, *Trametes versicolor*.





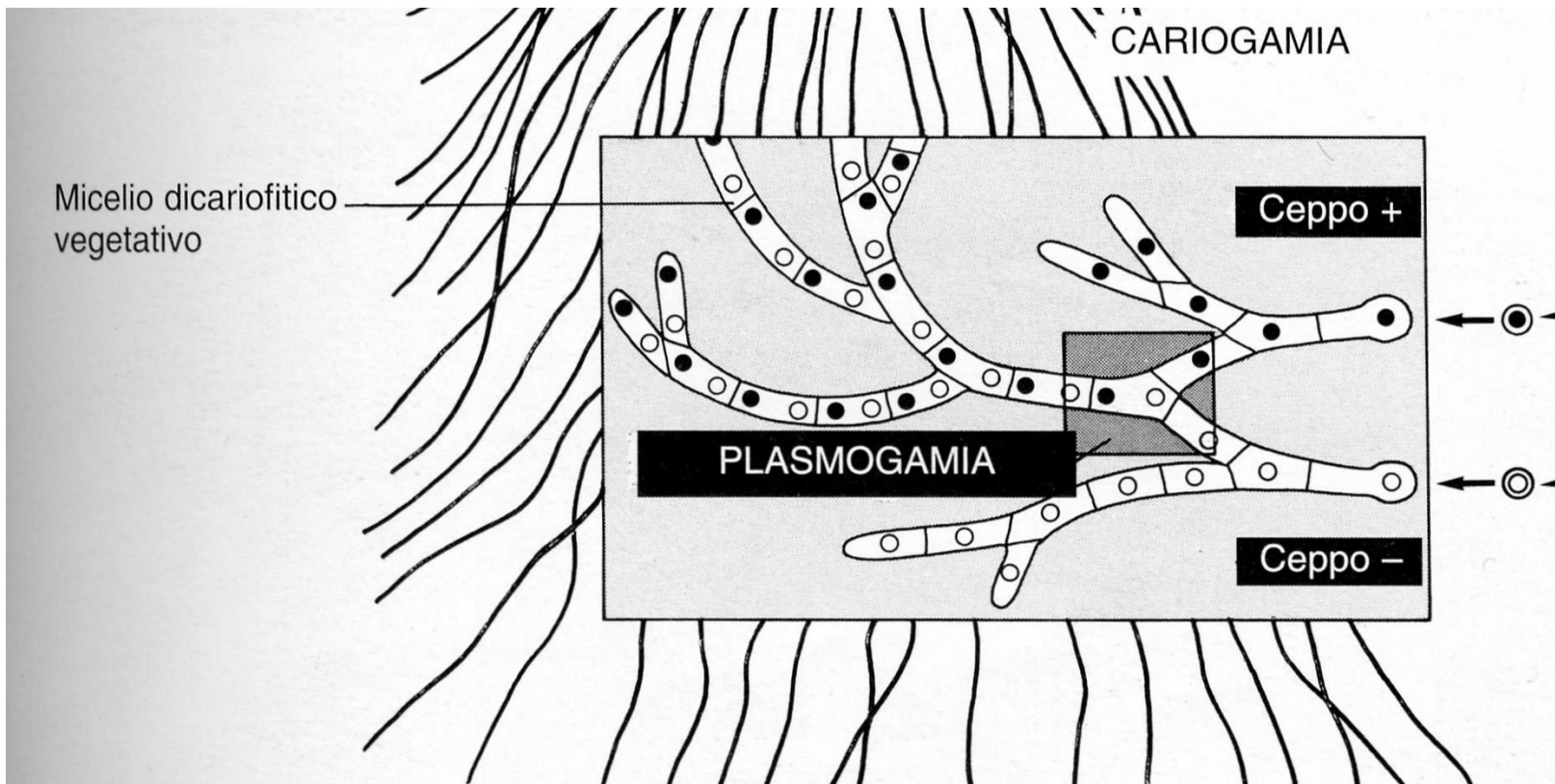
## Basidiocarpi:

- corpi fruttiferi in cui vengono prodotte le **basidiospore**;
- morfologia ed anatomia complesse
- effimeri, ma esistono anche forme perennanti.





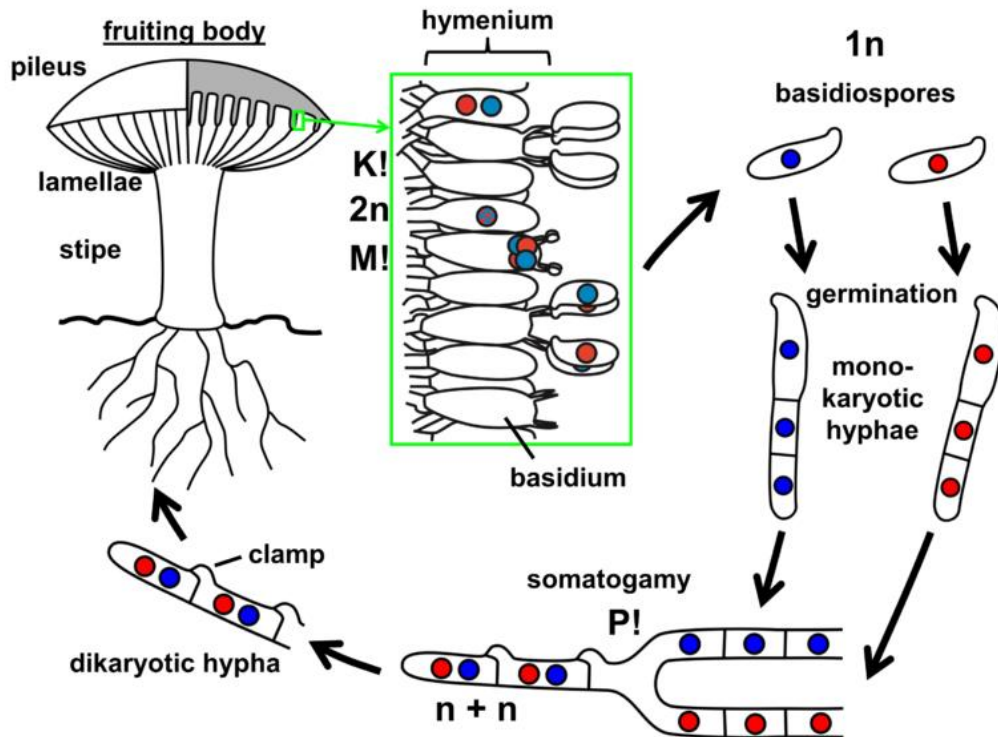
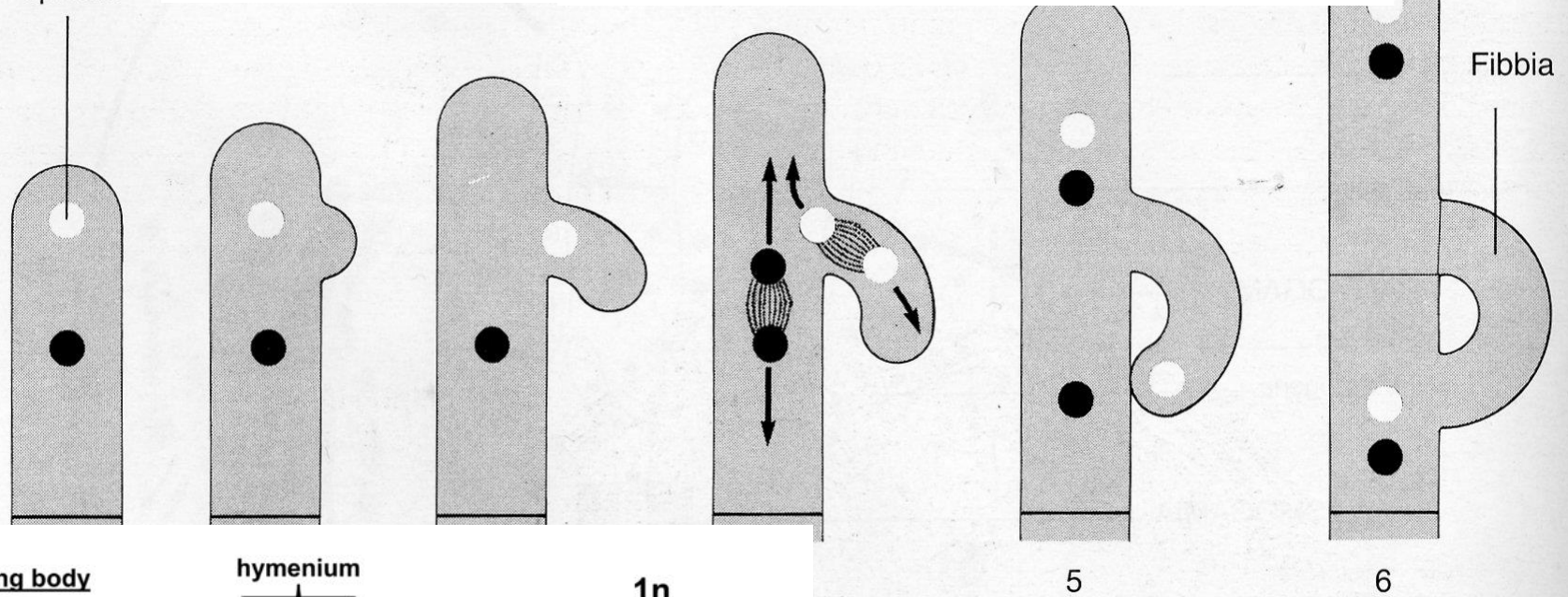
- I miceli aploidi si fondono = plasmogamia,
- cariogamia ritardata: i 2 nuclei compatibili rimangono indipendenti,
- successiva ripetuta divisione di questa cellula binucleata forma un **micelio dicarionico** o **DIKARYON**, resistente, vive a lungo, spesso stagionale (!).



Nucleo aploide

divisione a fibbia...

...mitosi e migrazione dei nuclei

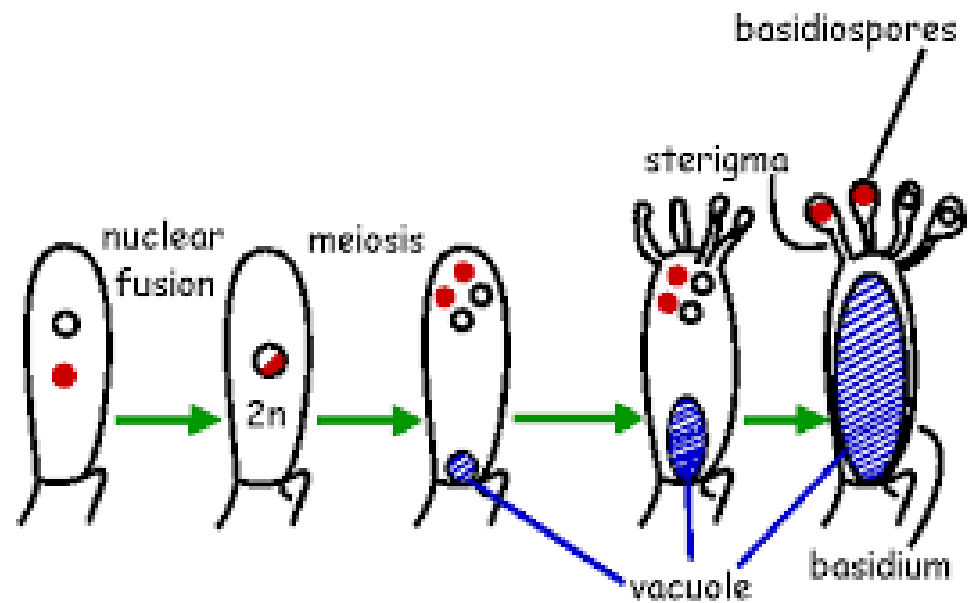
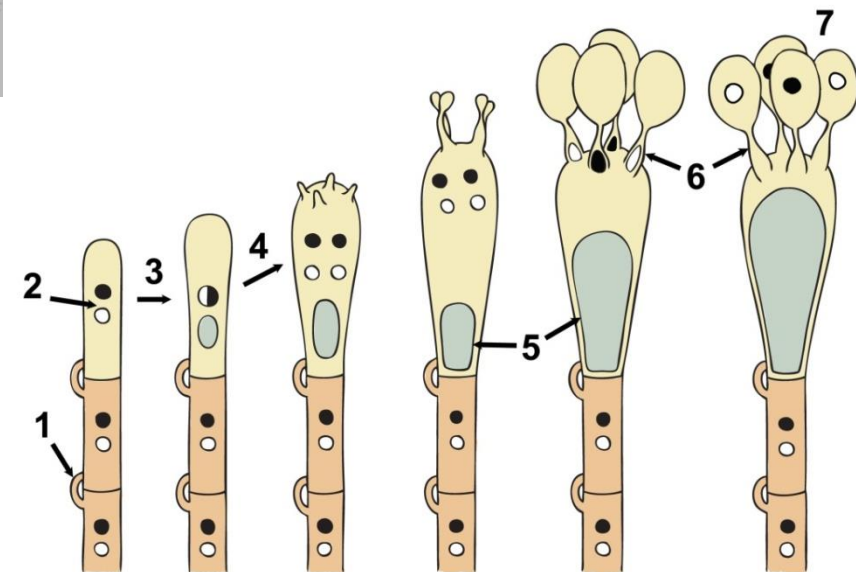
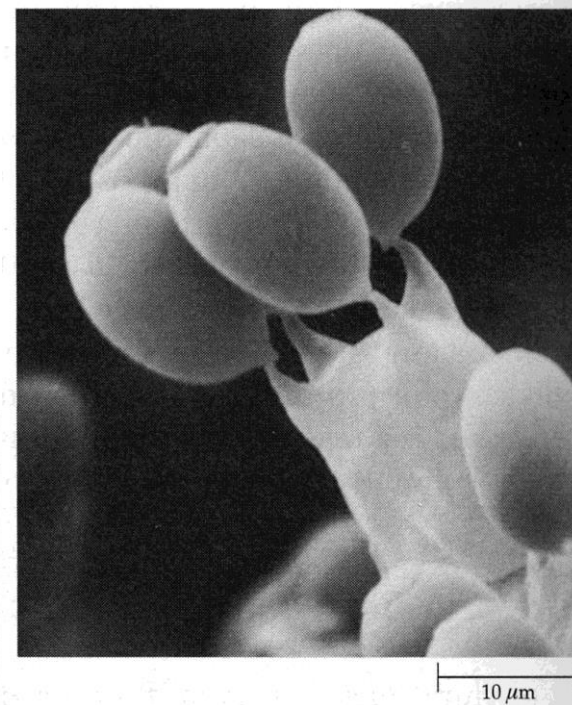
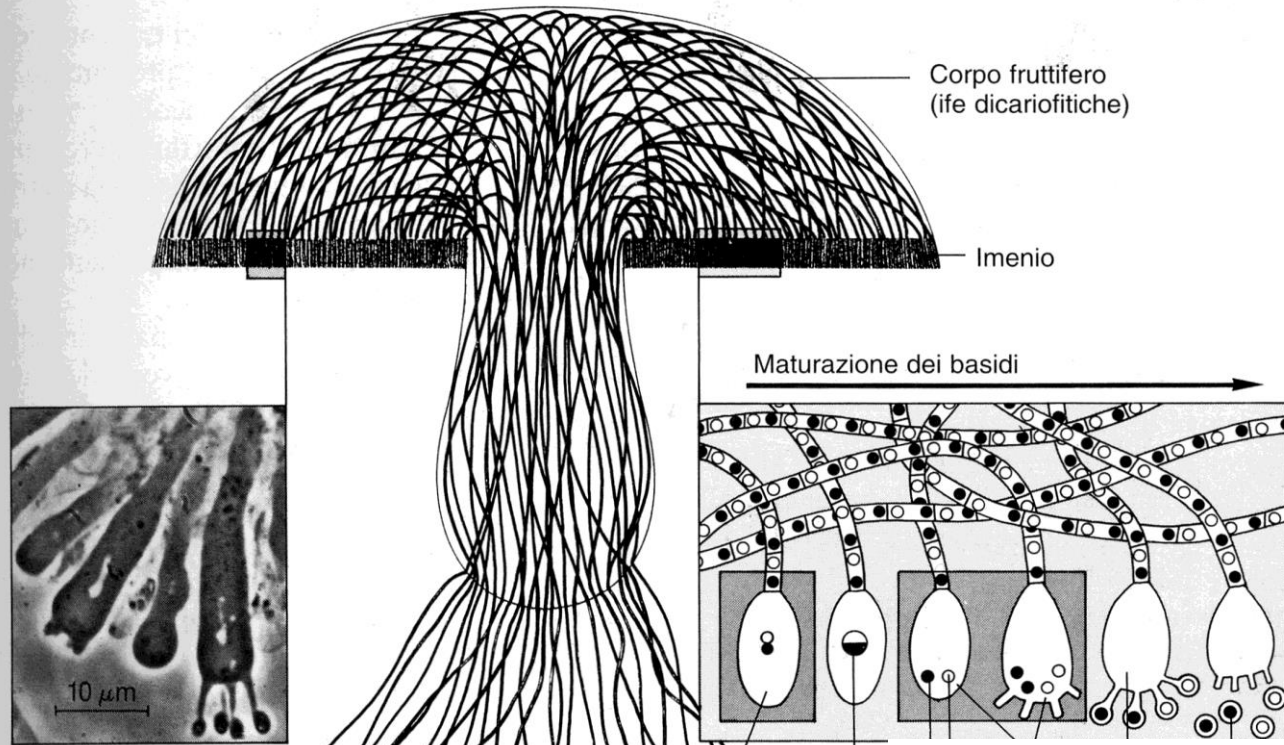


...fusione della fibbia con la cellula che l' ha generata...

...mantenimento del dikaryon e sviluppo del basidio ...

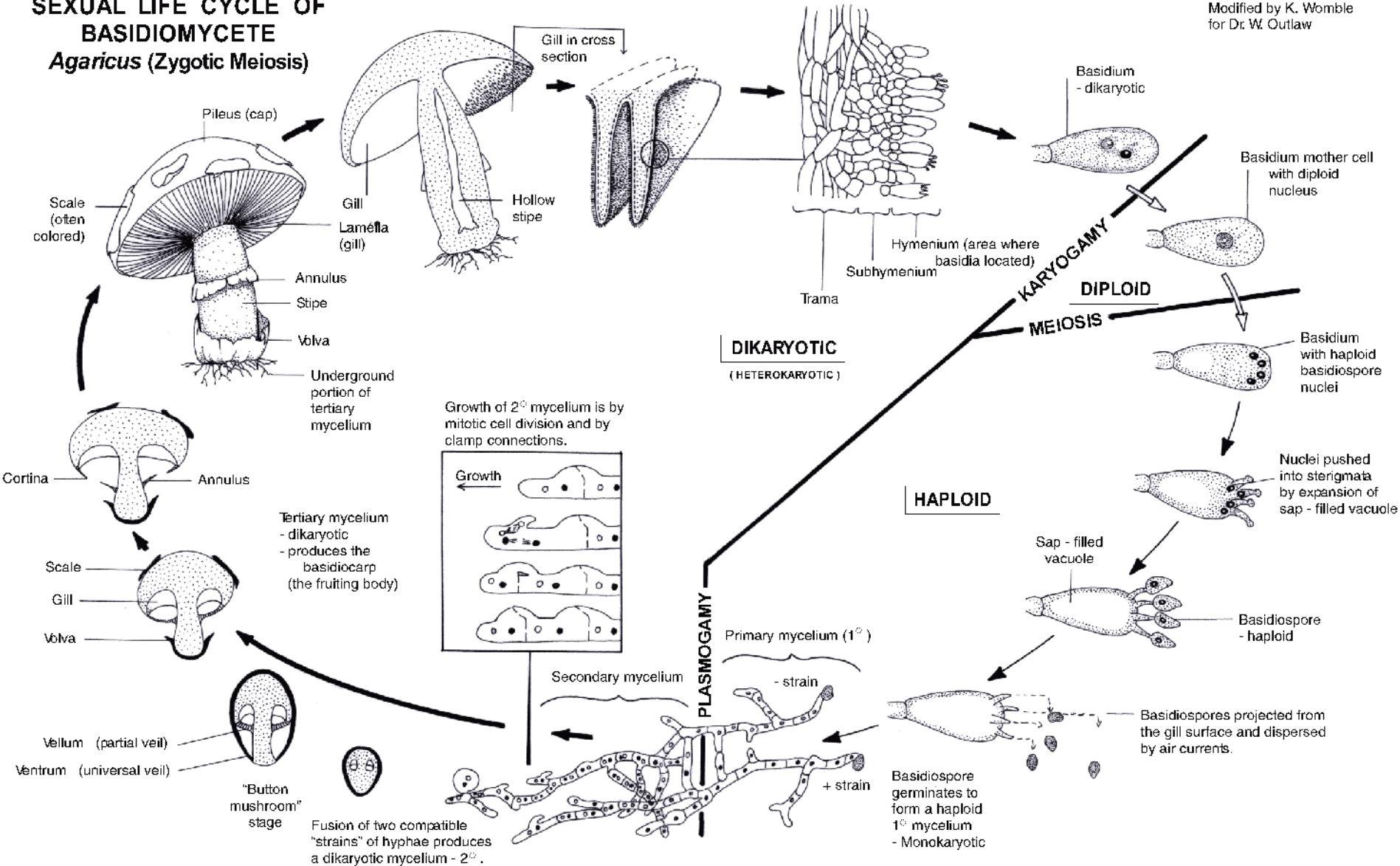
**Basidiomiceti: ciclo riproduttivo sessuale**



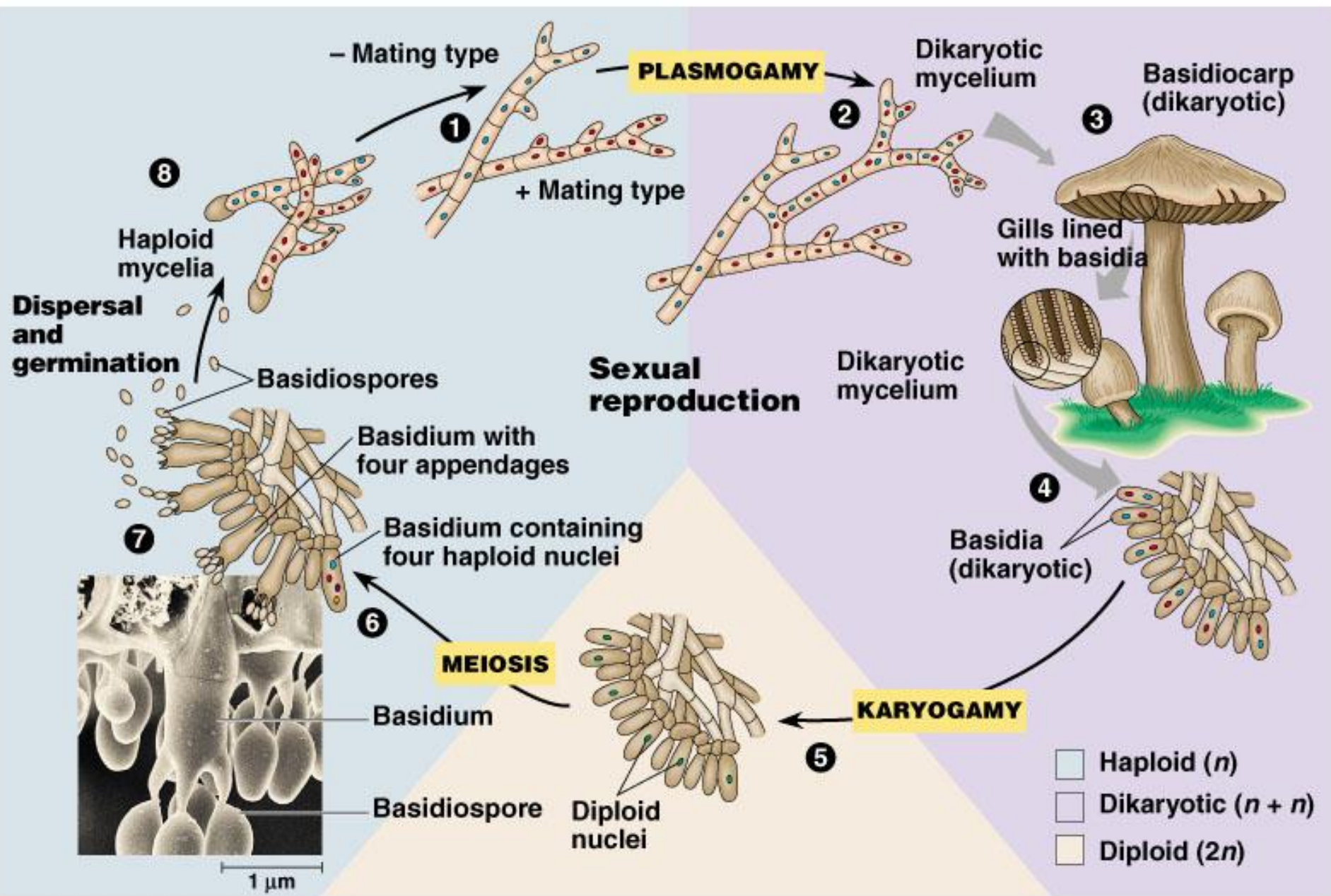


# SEXUAL LIFE CYCLE OF BASIDIOMYCETE *Agaricus* (Zygotic Meiosis)

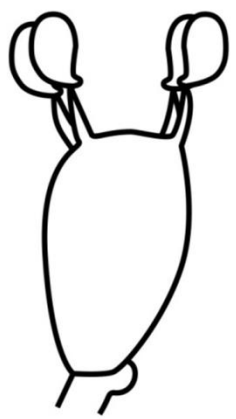
Drawn by J.C.P Hancock  
Modified by K. Womble  
for Dr. W. Outlaw







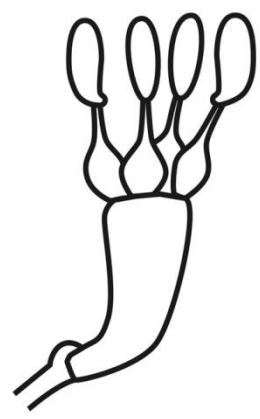
**Agaricales**



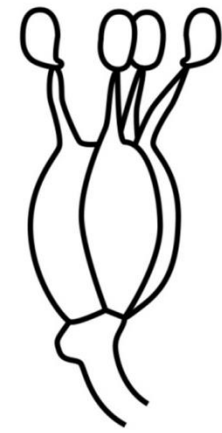
**Exobasidiales**



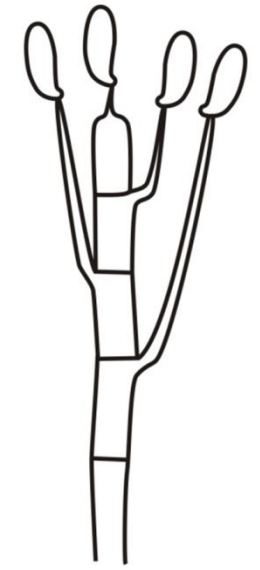
**Tulasnellales**



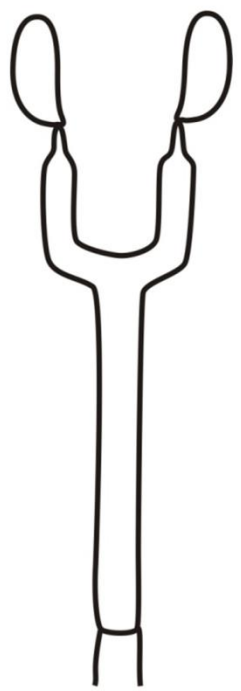
**Tremellales**



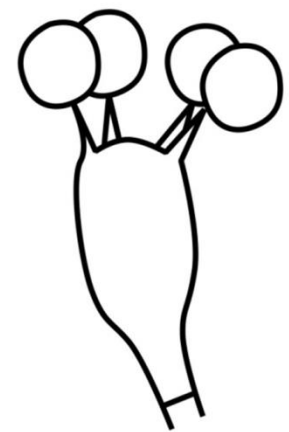
**Auriculariales**



**Dacrymycetales**



**„Gasteromycetes“**

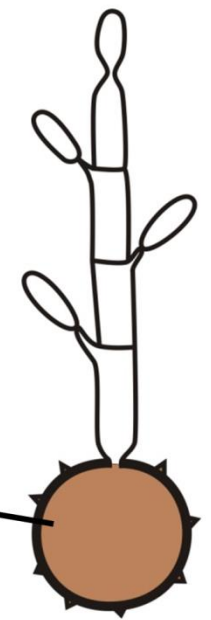


**Pucciniales**

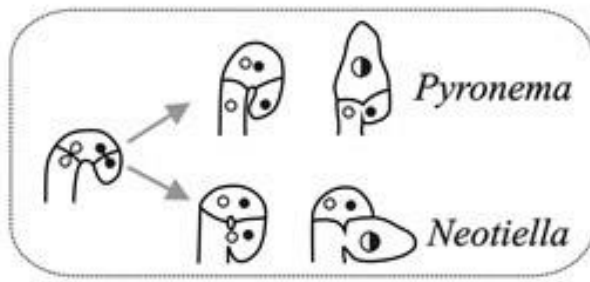


teliospores =  
probasidia

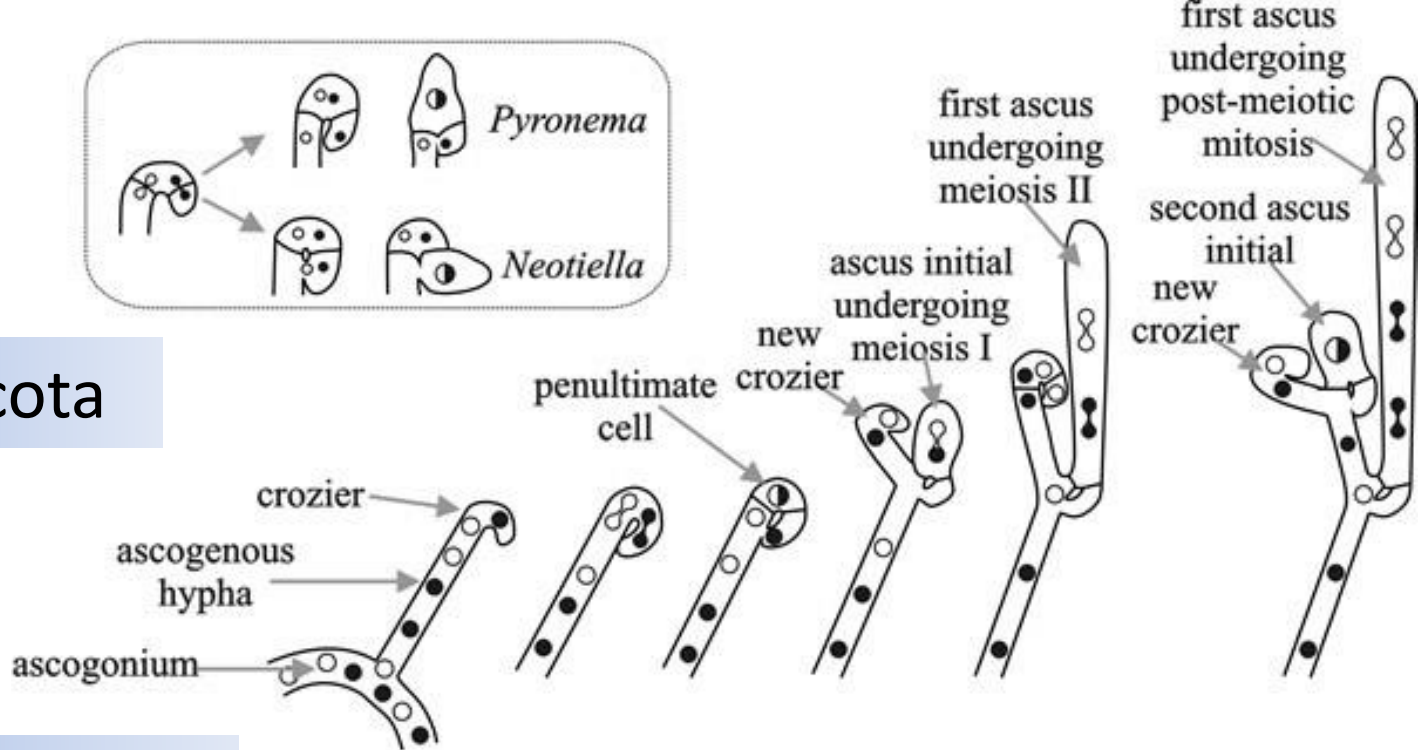
**Ustilaginales**



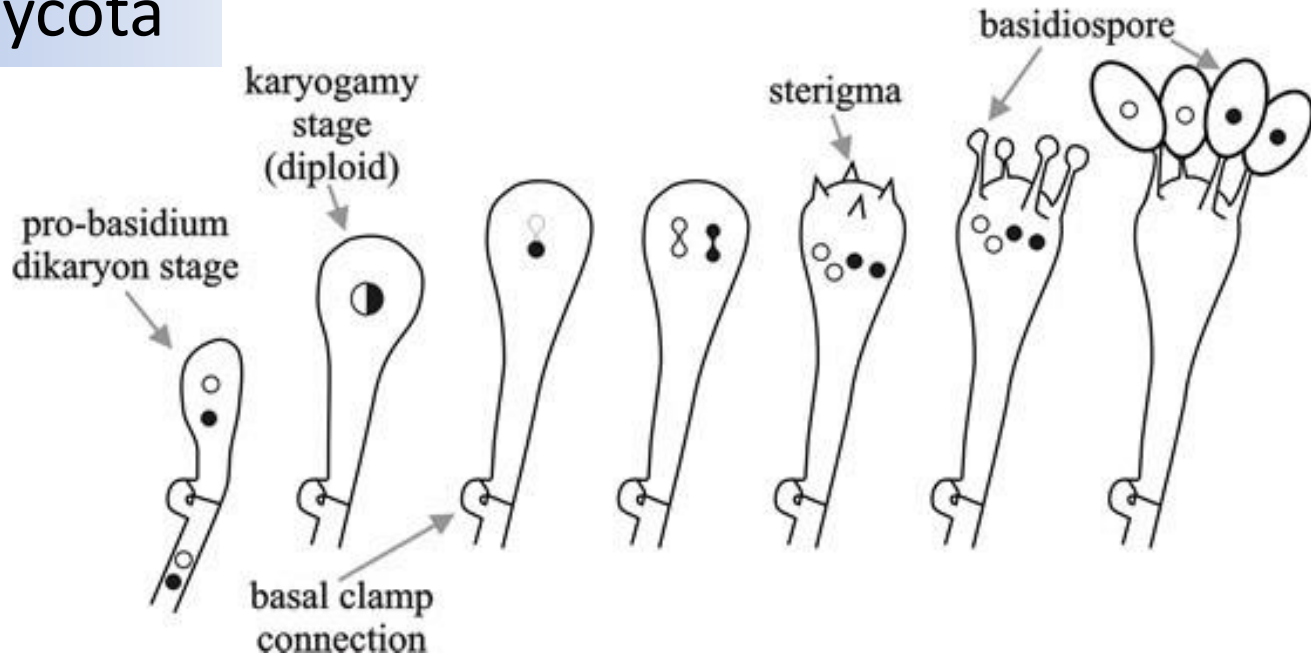




## Ascomycota



## Basidiomycota



# Pucciniomiceti (ruggini)

Colpiscono le colture in modo devastante, sono altamente specializzate → è molto difficile combatterli

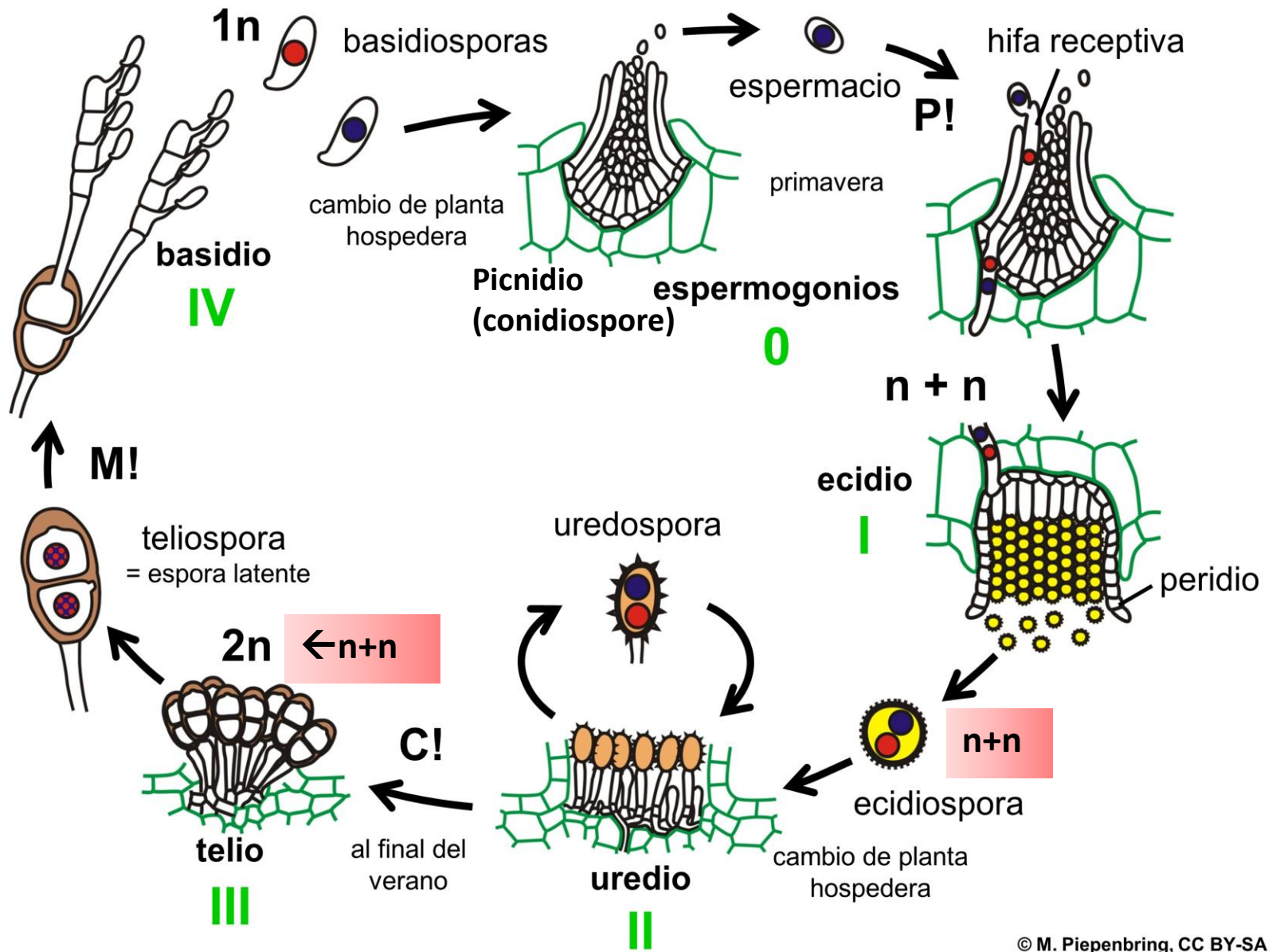


Spesso vivono su più ospiti contemporaneamente ed in momenti diversi dei loro cicli di vita (... complicatissimi!).

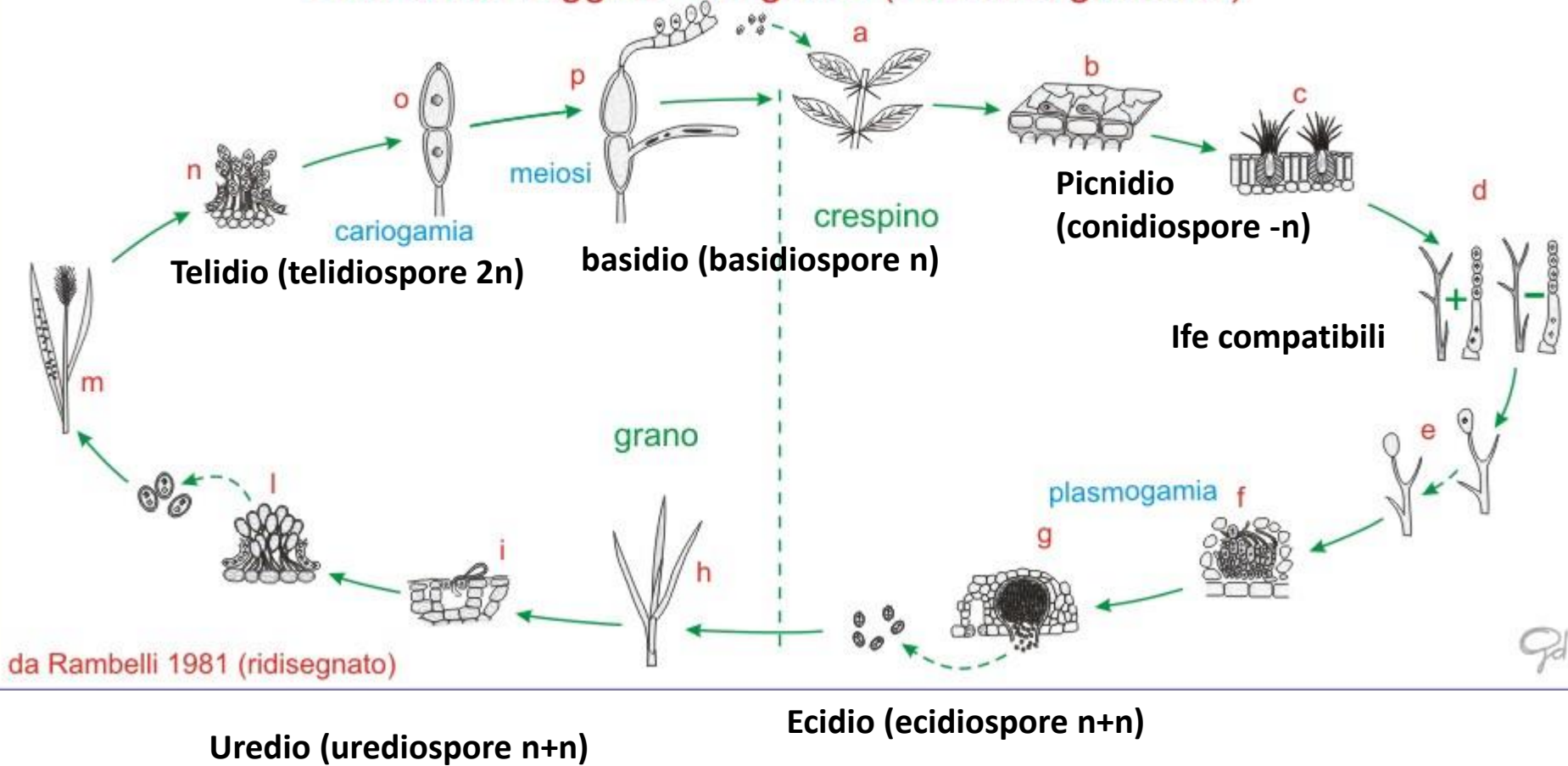


e.g. *Puccinia graminis*, ruggine del grano → annerimento del culmo del grano ed altri cereali (orzo, avena, segale). Plinio il Vecchio (I° sec. d.C.) la descriveva come “*la peggiore infestazione dei raccolti*”, causa di moltissime carestie.



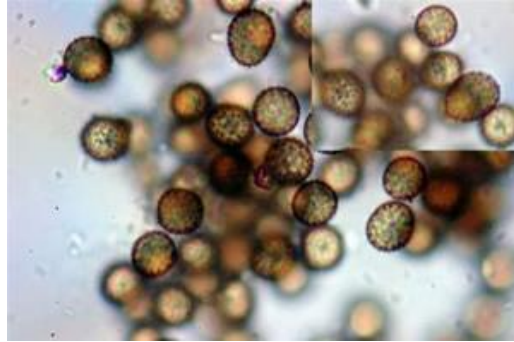


# Ciclo della "ruggine" del grano (*Puccinia graminis*)





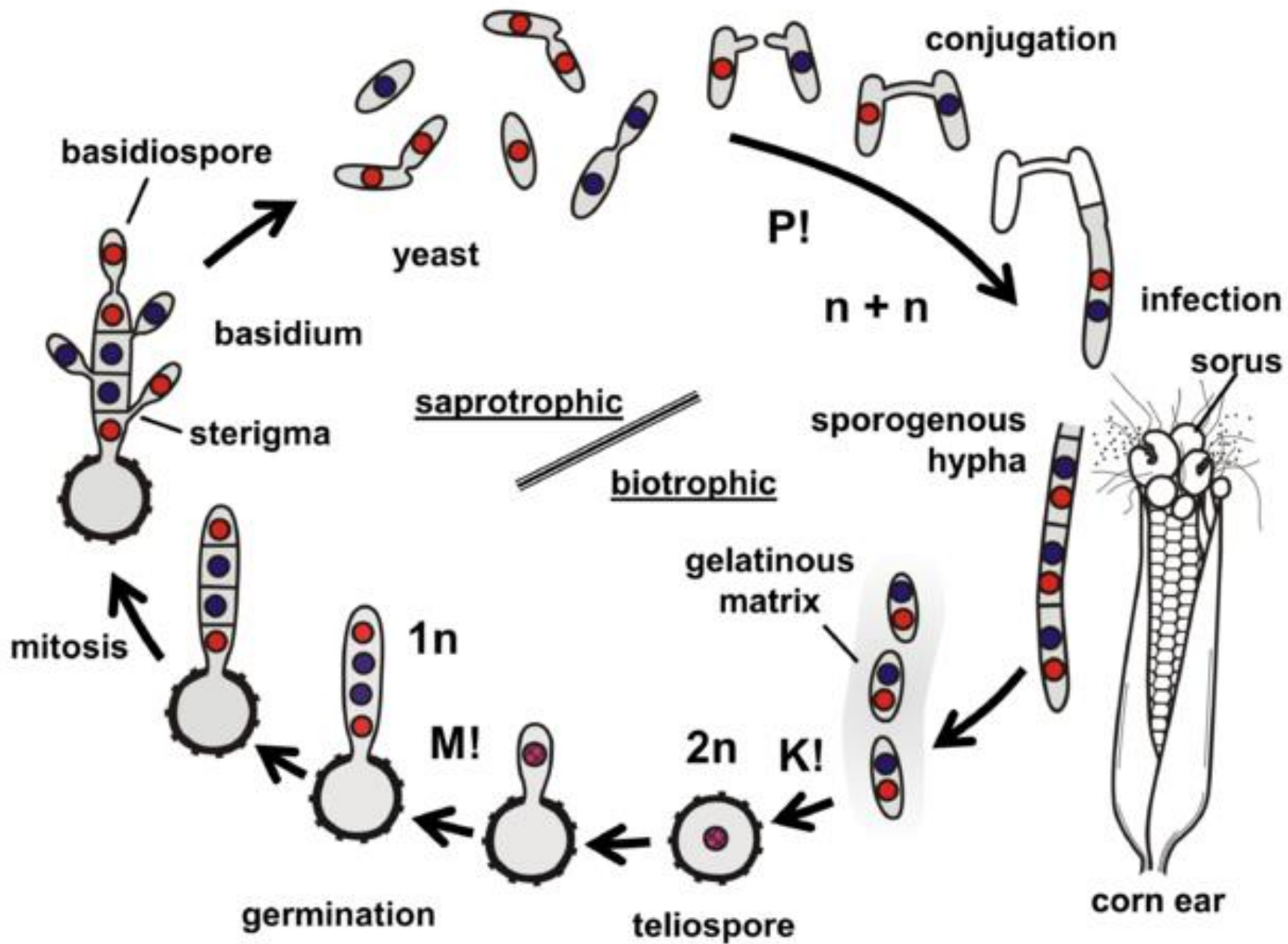
# Ustilagomiceti (carboni)



*Ustilago maydis* (corn smut),  
parassita del mais, rimozione e  
distruzione delle colture infettate.



(a) Due **basidiospore aploidi** giungono sul mais dove avviene la **plasmogamia** (b) Il **micelio dicarionico** si sviluppa nelle infiorescenze maschili (c) e femminili (d), formando una massa di **teliospore dicarioniche** (e), nelle quali successivamente avviene la **cariogamia** (f); dopo la **meiosi** (g) le **teliospore** germinano (h) dando origine a basidi che producono **spore gemmanti** (i).





*Huitlacoche*: in Messico le galle di *U. maydis* vengo vendute come delicatezza culinaria





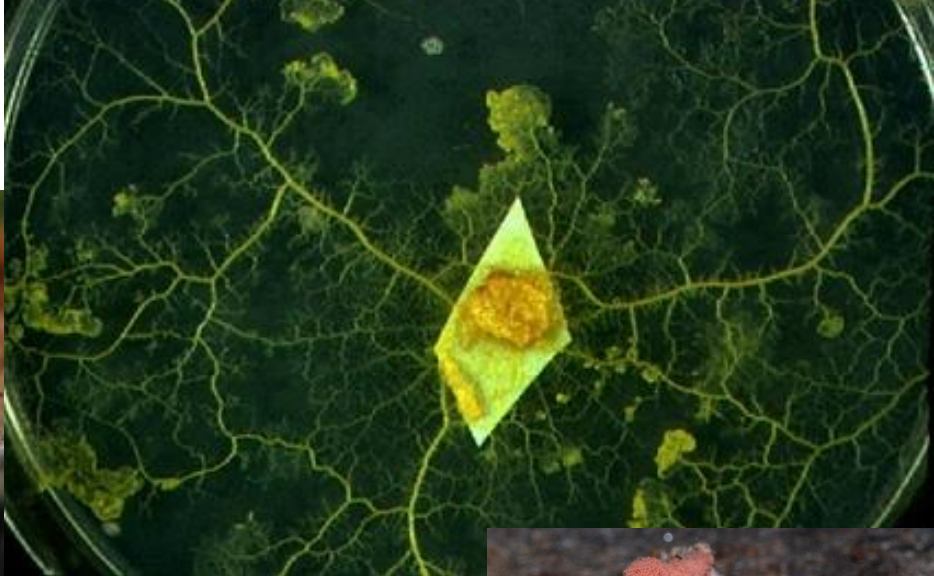


*Exobasidium rhododendri*





# MYXOMICETA





## •Slime moulds

- ca. 500 species ampiamente distribuite (no endemismi!)
- Funghi perché producono spore in sporangei
- Protisti perché morfologicamente nel loro stato assimilativo assomigliano ad amebe; fagocitosi di batteri (→ vacuolo digestivo);
- mancano di parete cellulare → **myxoamoeba**
- formazione dello sporangio indotta da mancanza di cibo o presenza di luce

**Mycetozoa** (DeBary 1887)



(a)



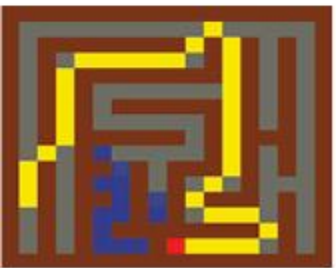
(b)



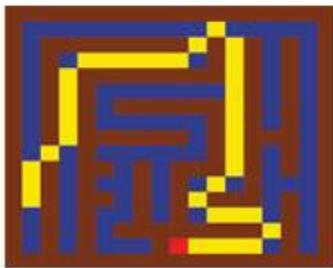
(c)



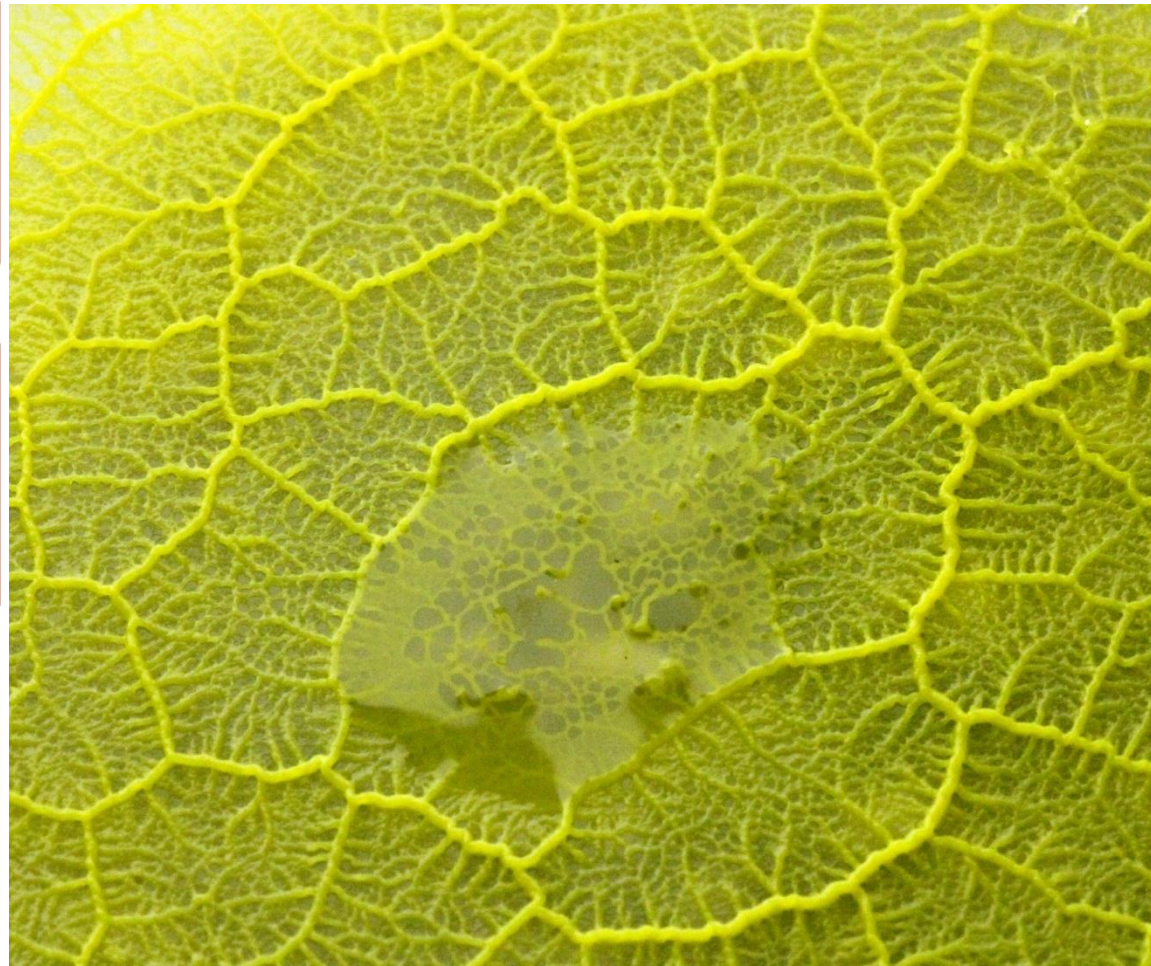
(d)



(e)



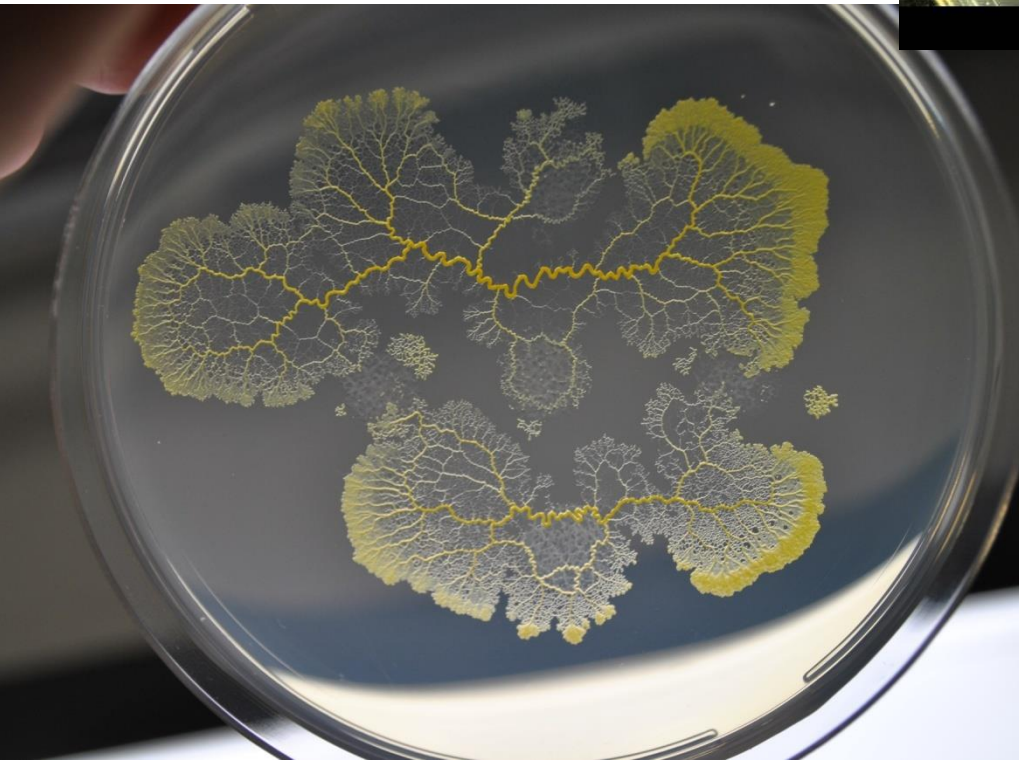
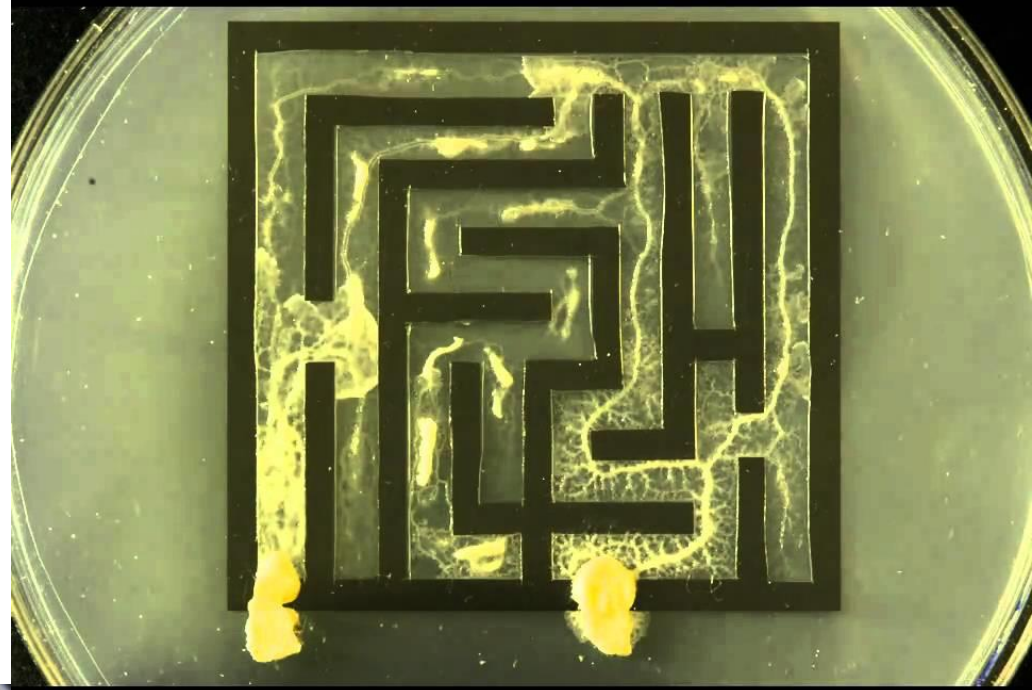
(f)



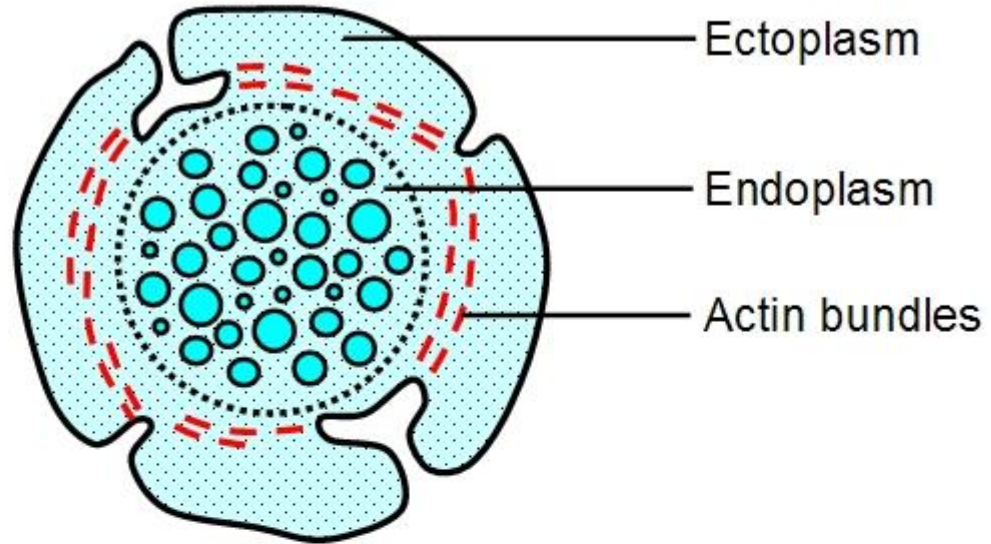


# *Physarum polycephalum*

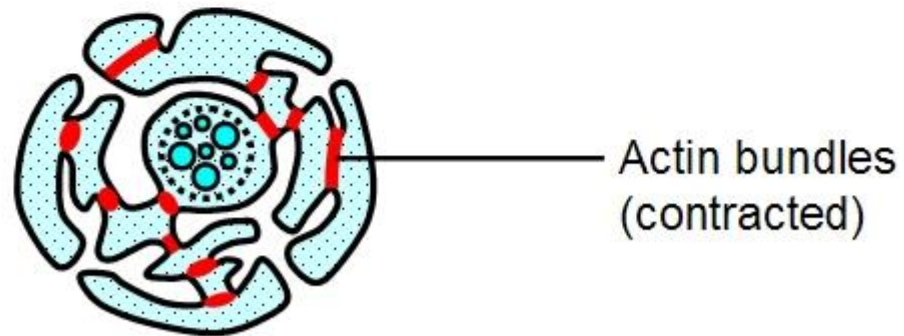
- **Plasmodio**
- Flusso di spola, flusso del protoplasma, pressione, actina
- Intelligenza (esplorare labirinti, secrezione = “memoria esterna”)



Plasmodial strand  
(Cross-section)

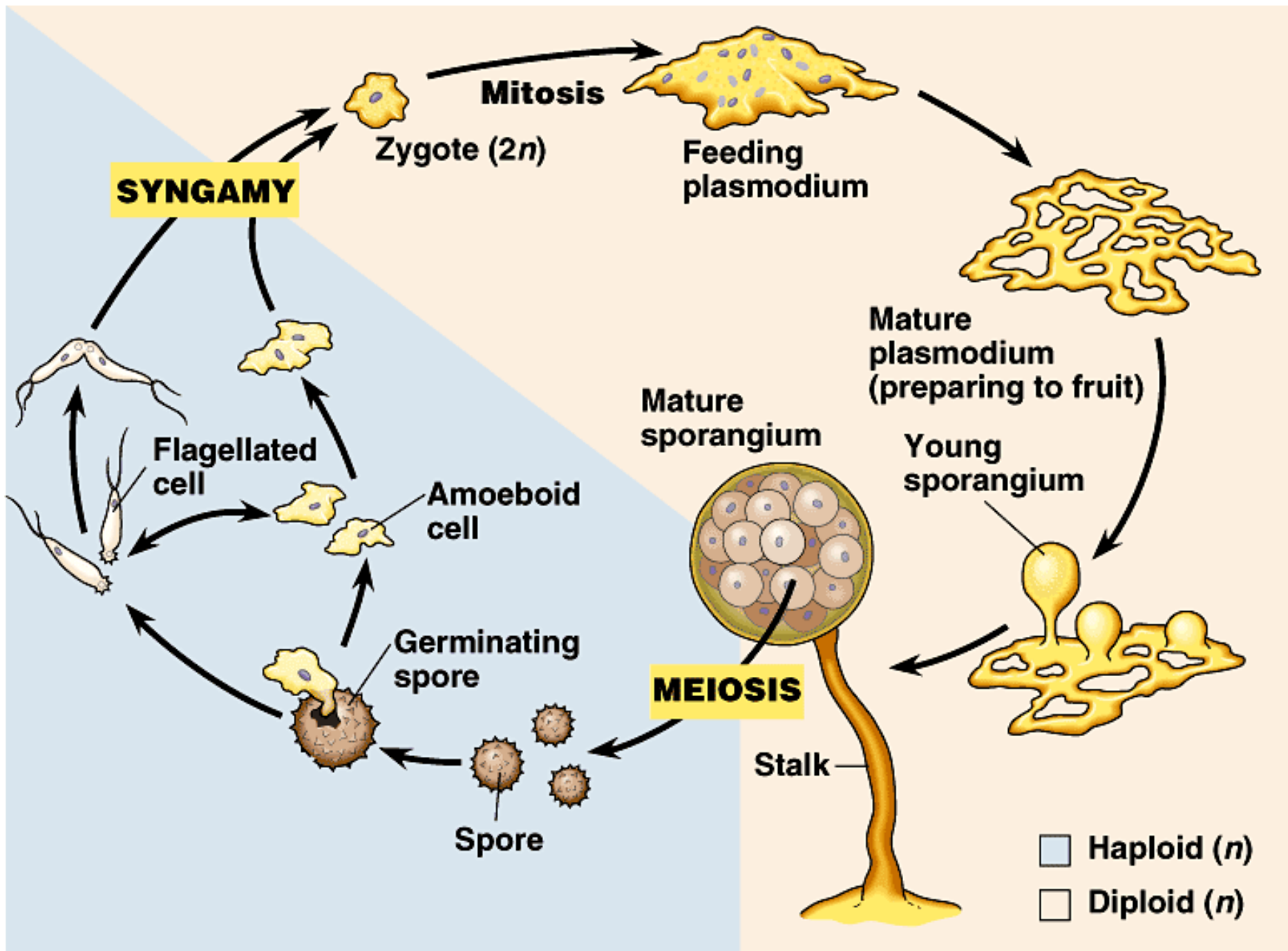


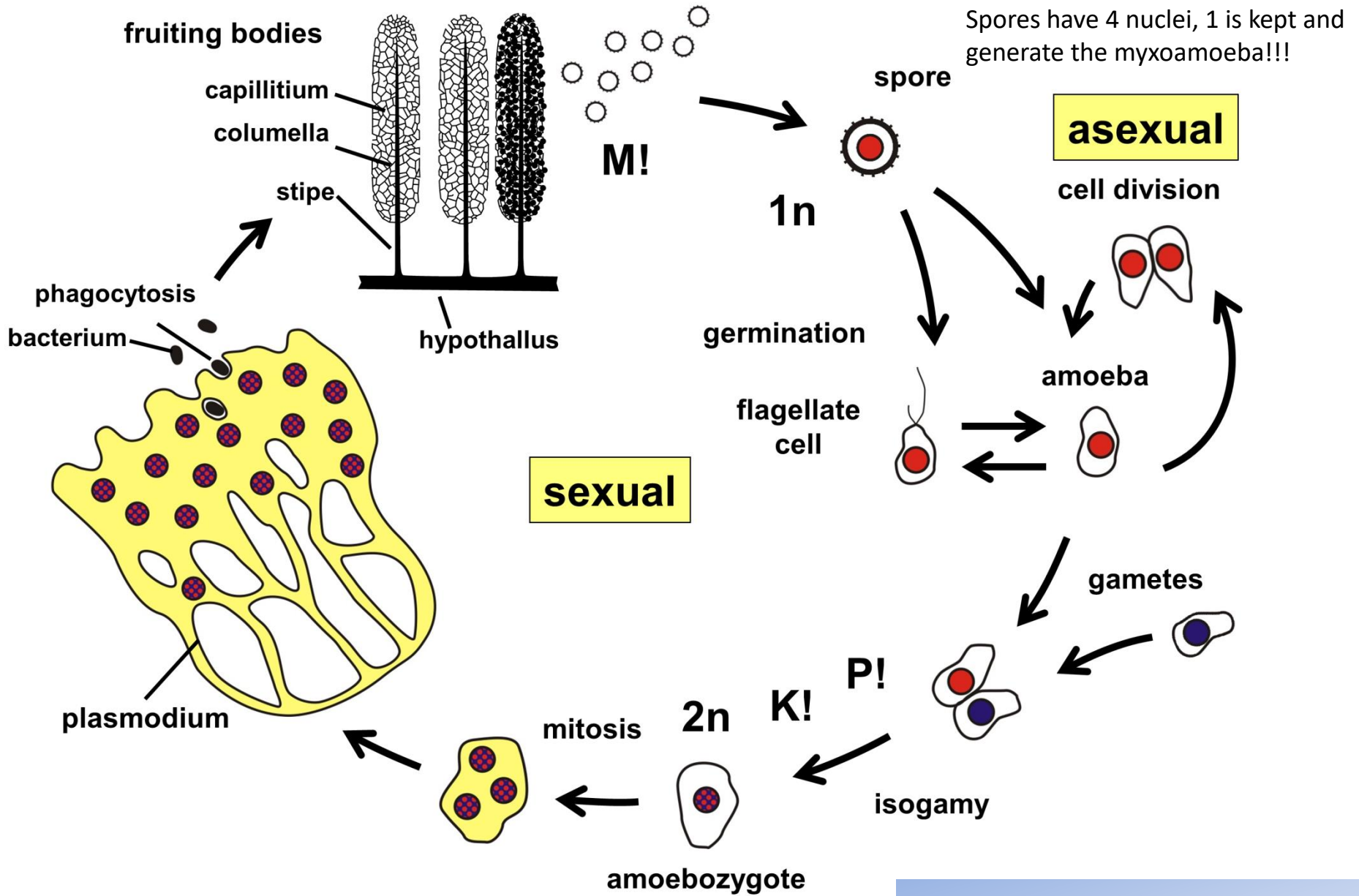
1. Relaxed state



2. Contracted state







Mixomiceti: ciclo riproduttivo sessuale



<https://www.youtube.com/watch?v=HyzT5b0tNtk>