

- Fungal phylogeny

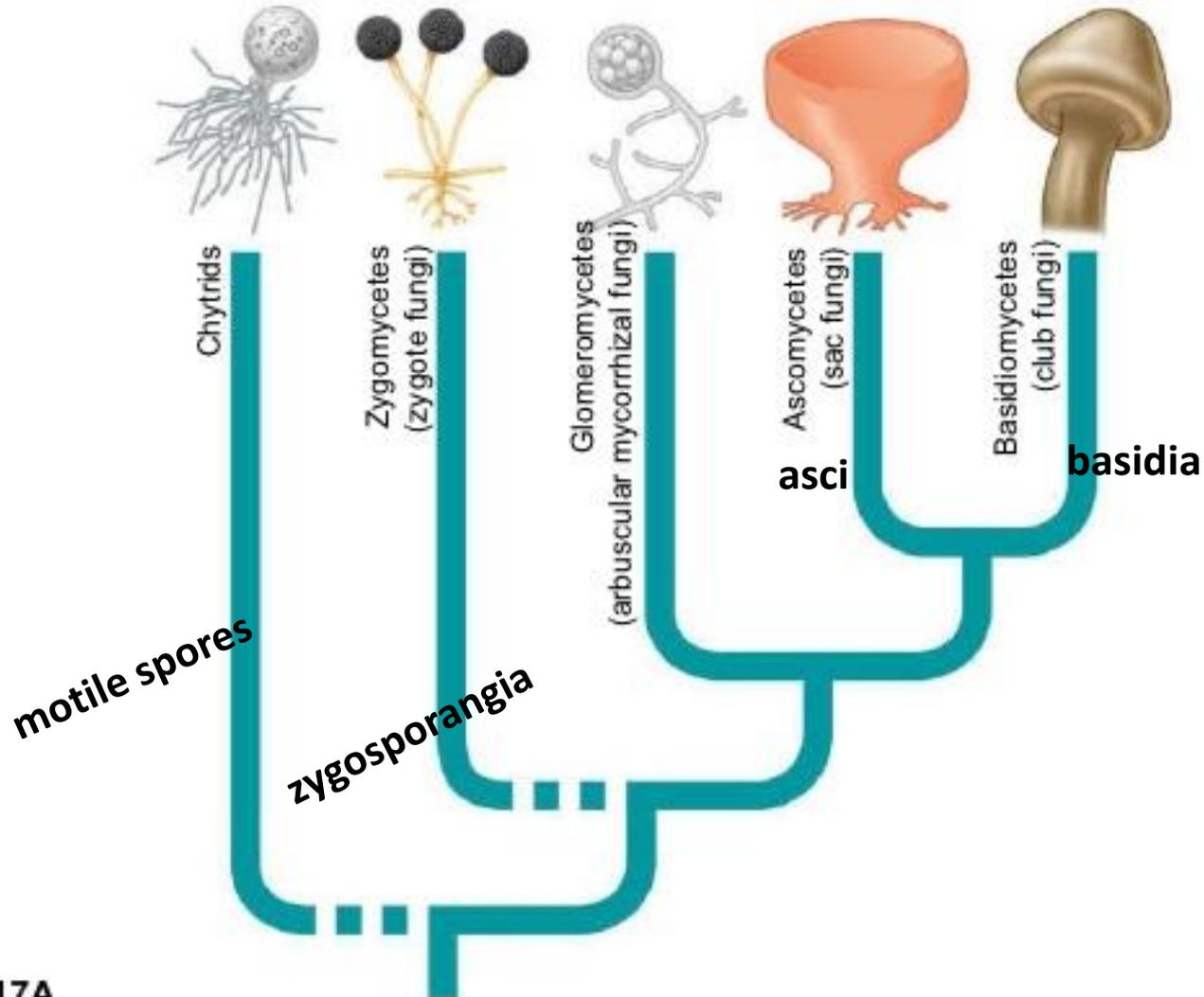
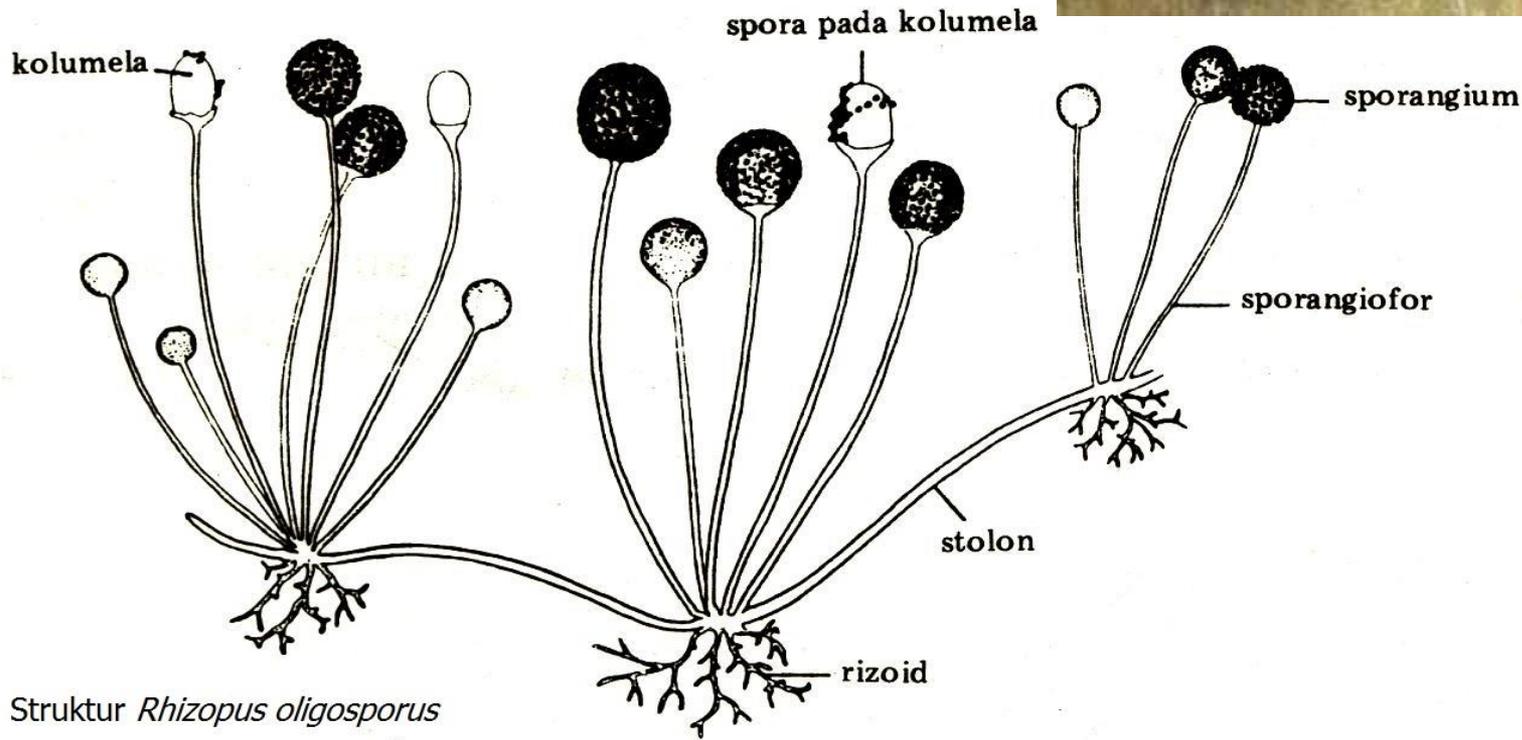


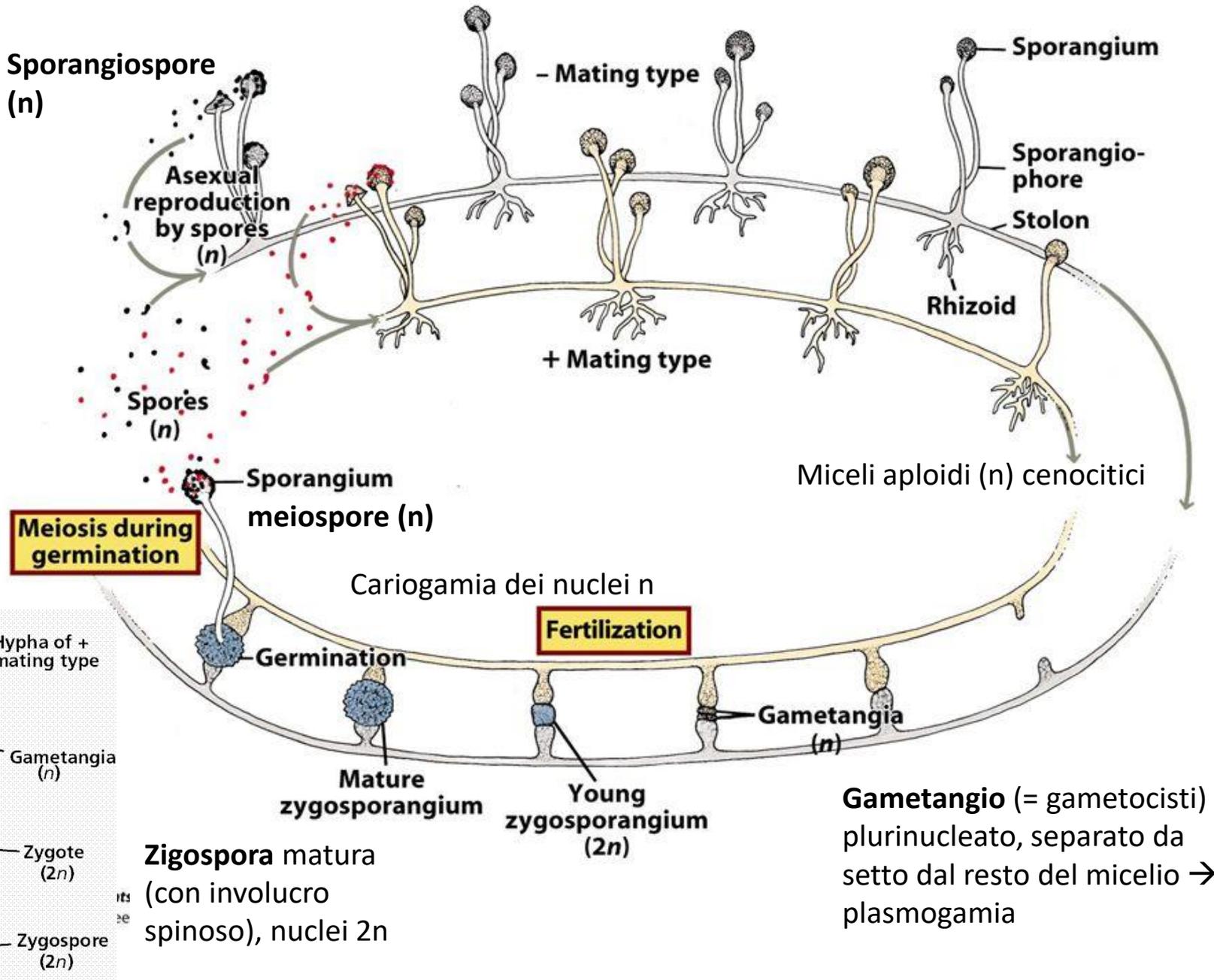
Figure 17.17A

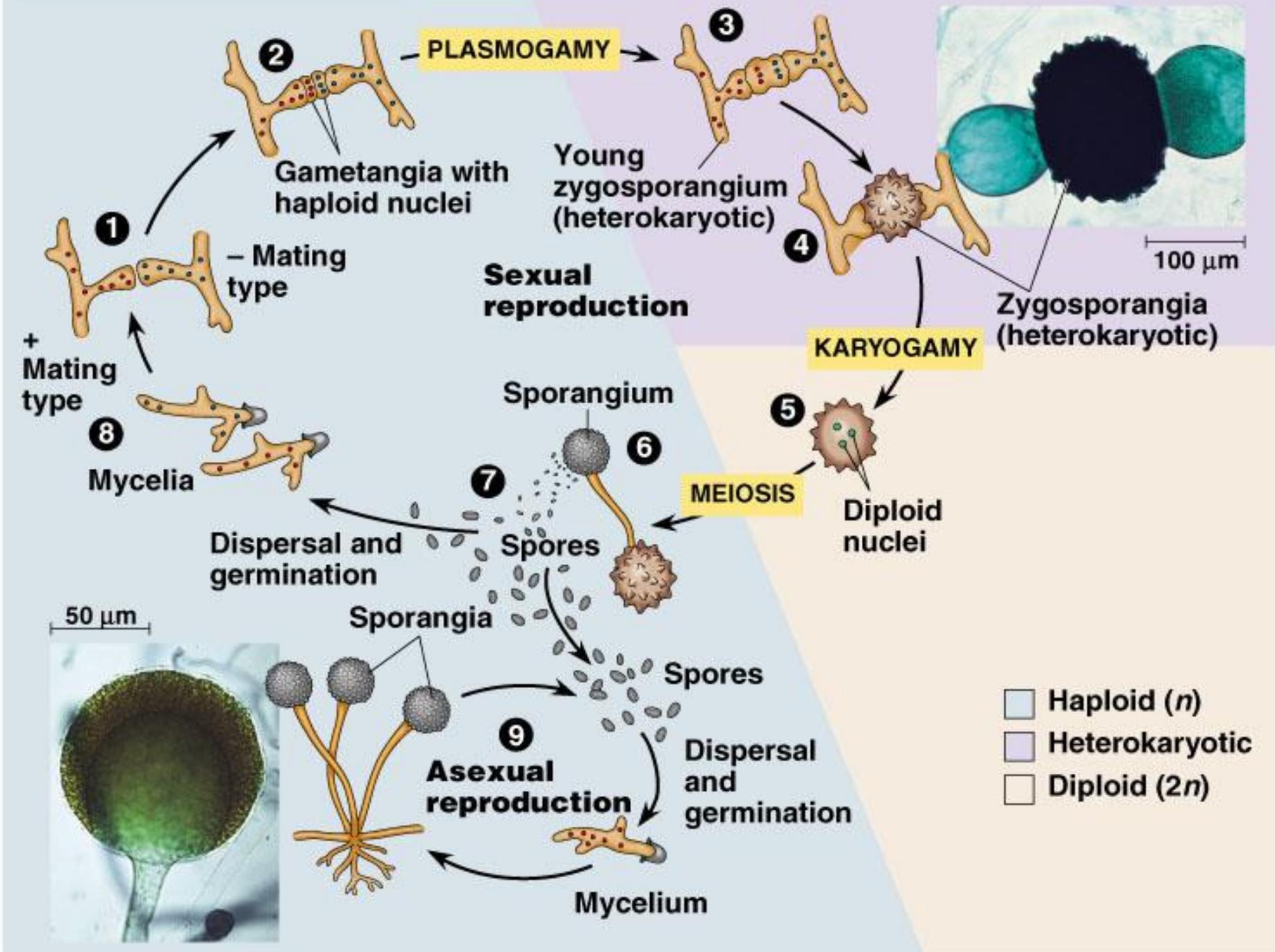
ZIGOMICETI

- Saprofiti e parassiti - Mucorali
- Spore non mobili
- Non dipendono dall' H₂O per la dispersione
- Iife cenocitiche (= senza setti !!)
- Riproduzione sessuata con produzione di sporangi (strutture bulbose a forma di giogo = **zigosporangi** ancorati al substrato da **rizoidi**)



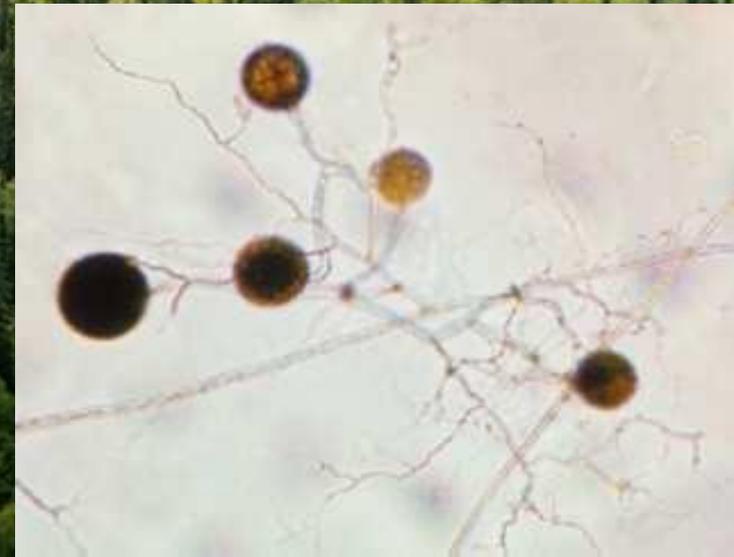
Zigomiceti: ciclo riproduttivo sessuale





GLOMEROMICETI

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

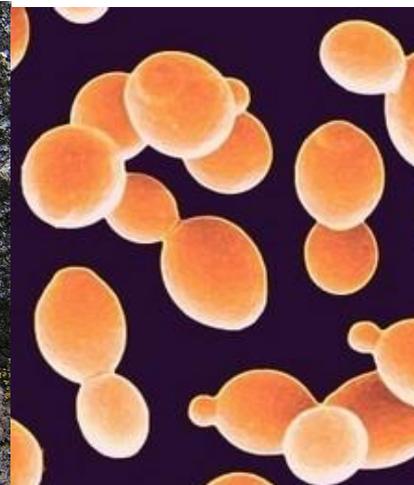


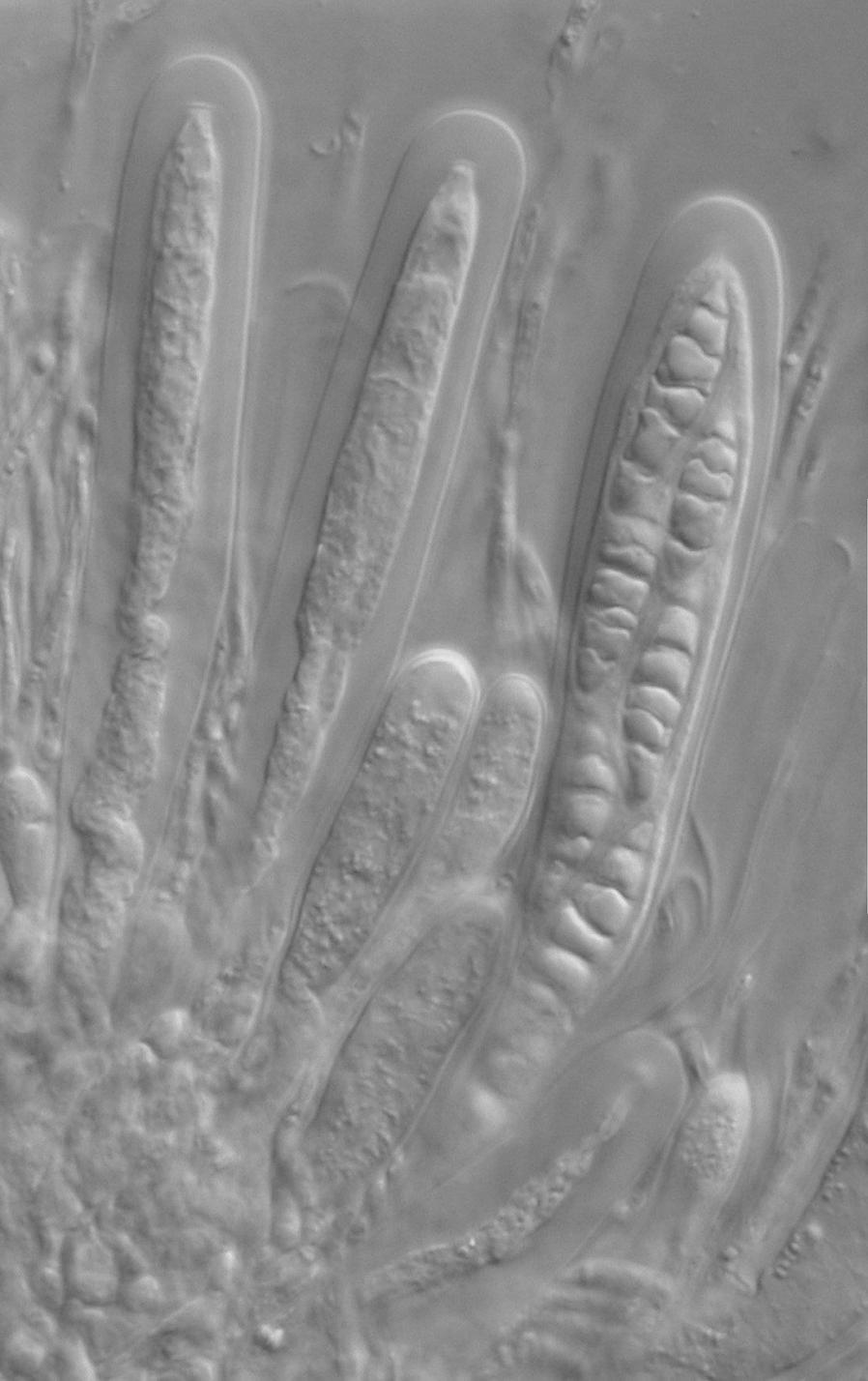
ASCOMICETI (PHYLUM ASCOMYCOTA)

30-40.000 specie a livello mondiale

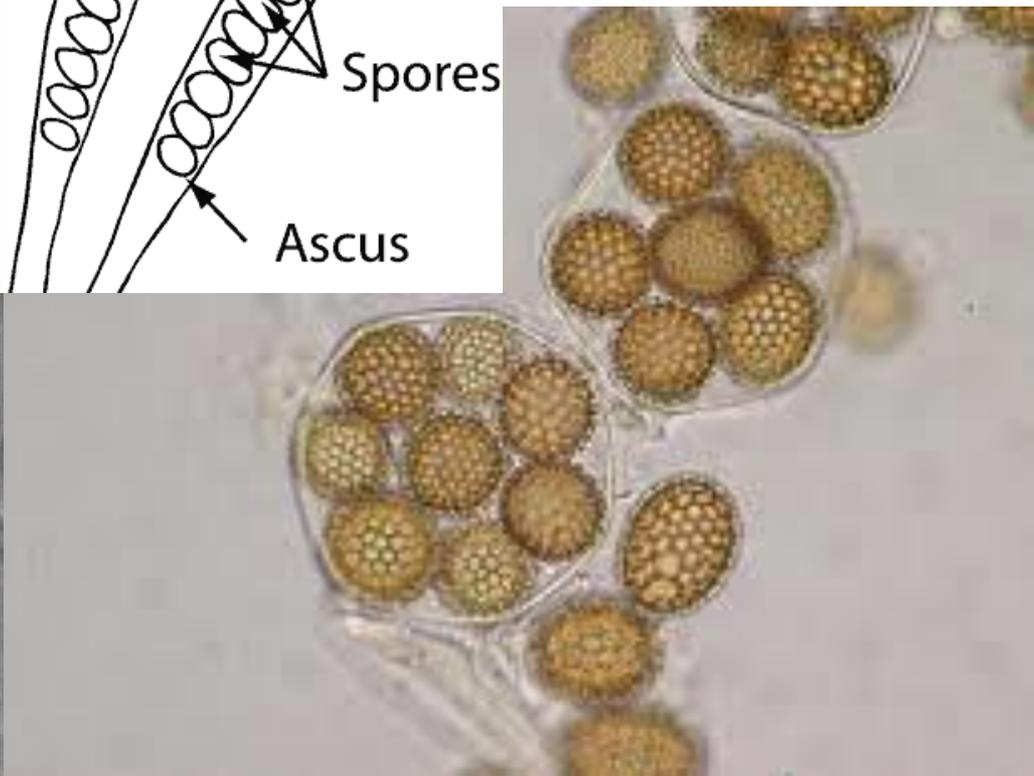
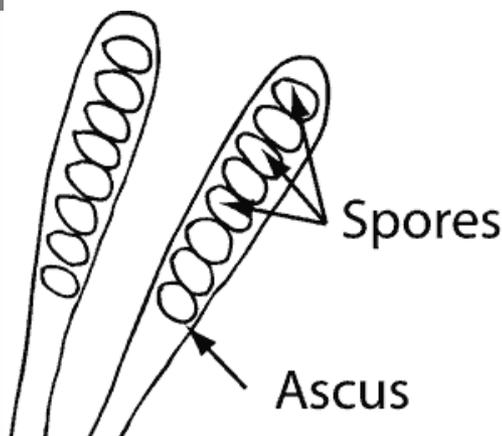
Tre gruppi principali:

- **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

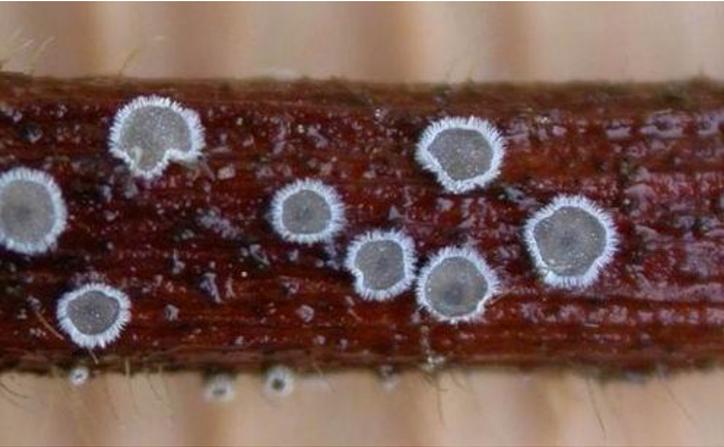




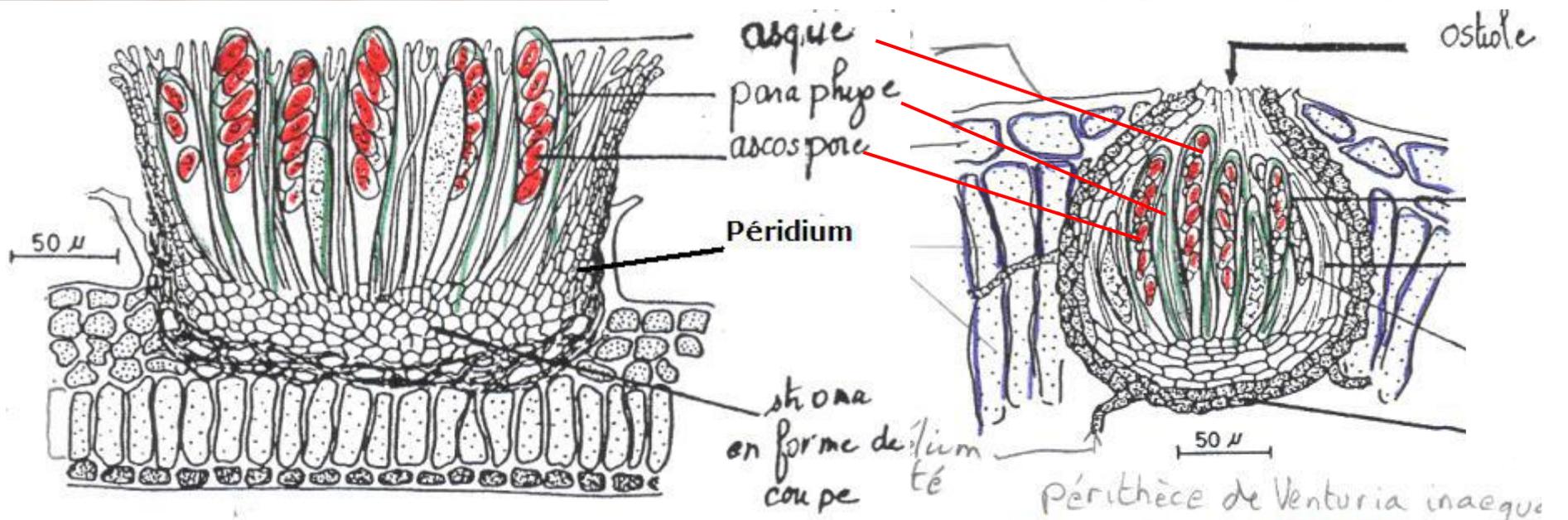
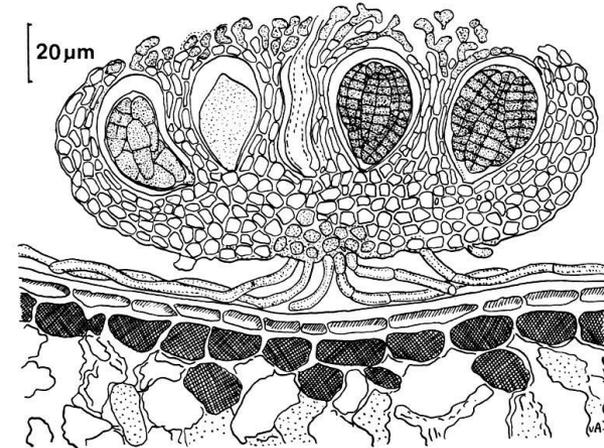
- Ife (se presenti) settate con setti trasversali perforati
- Micelio con cellule uni- o binucleate
- Produzione di meiospore aploidi all'interno di un sacco, chiamato **ASCO**

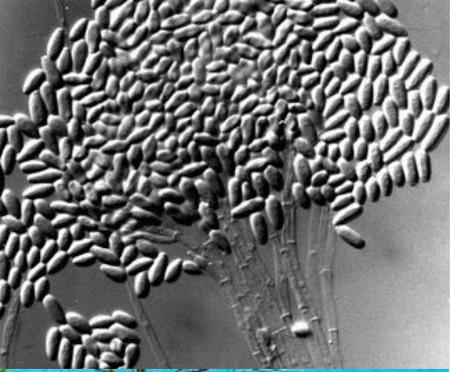


aschi in **APOTECI**
(discomiceti)



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



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.)





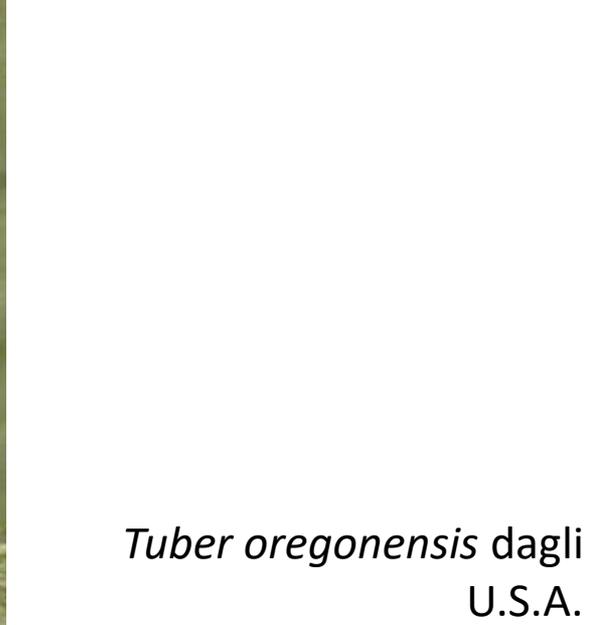
Claviceps purpurea

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





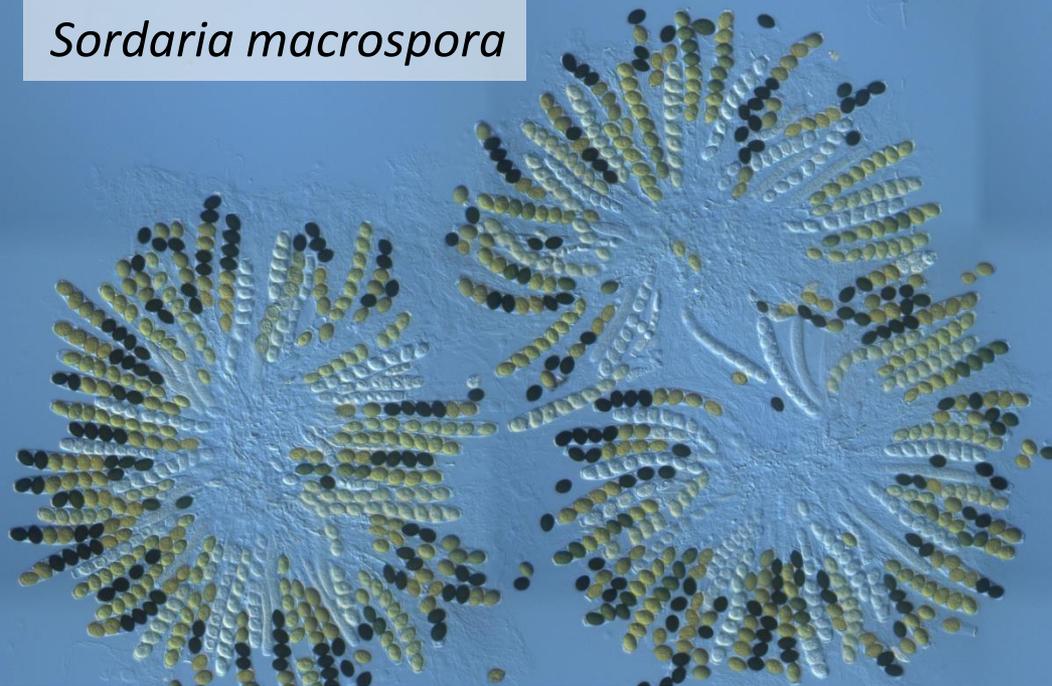
Pertusaria dispar (lichene dall'Italia)



Tuber oregonensis dagli U.S.A.



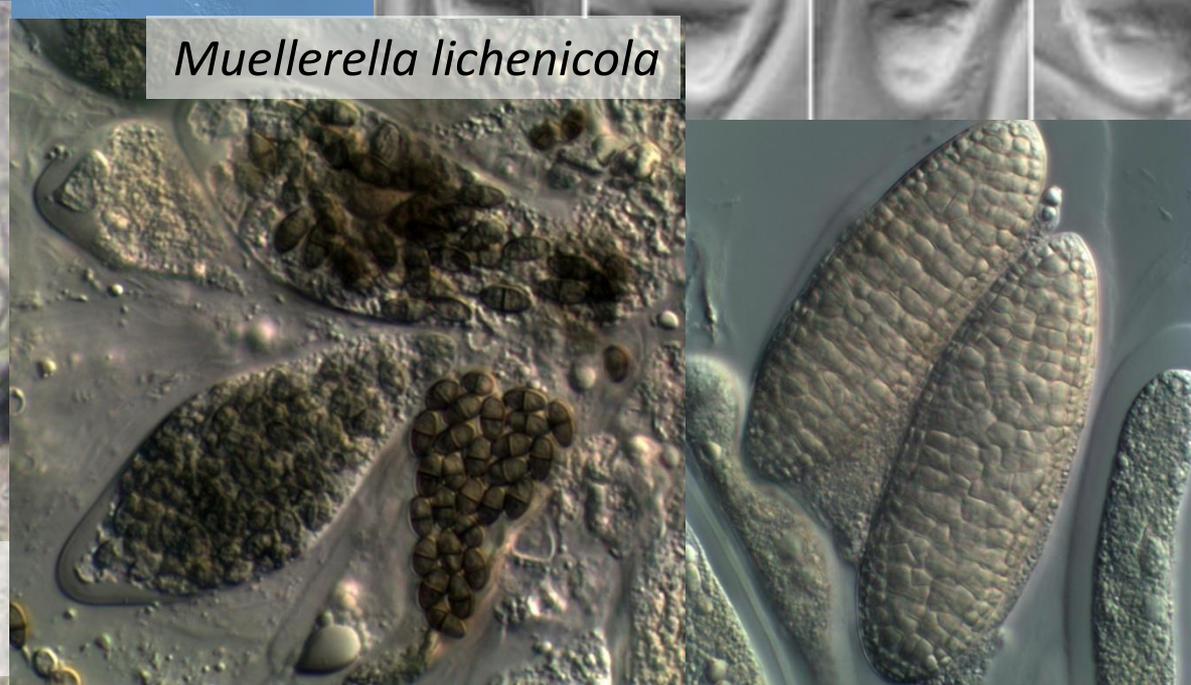
Sordaria macrospora



Caloplaca sp.



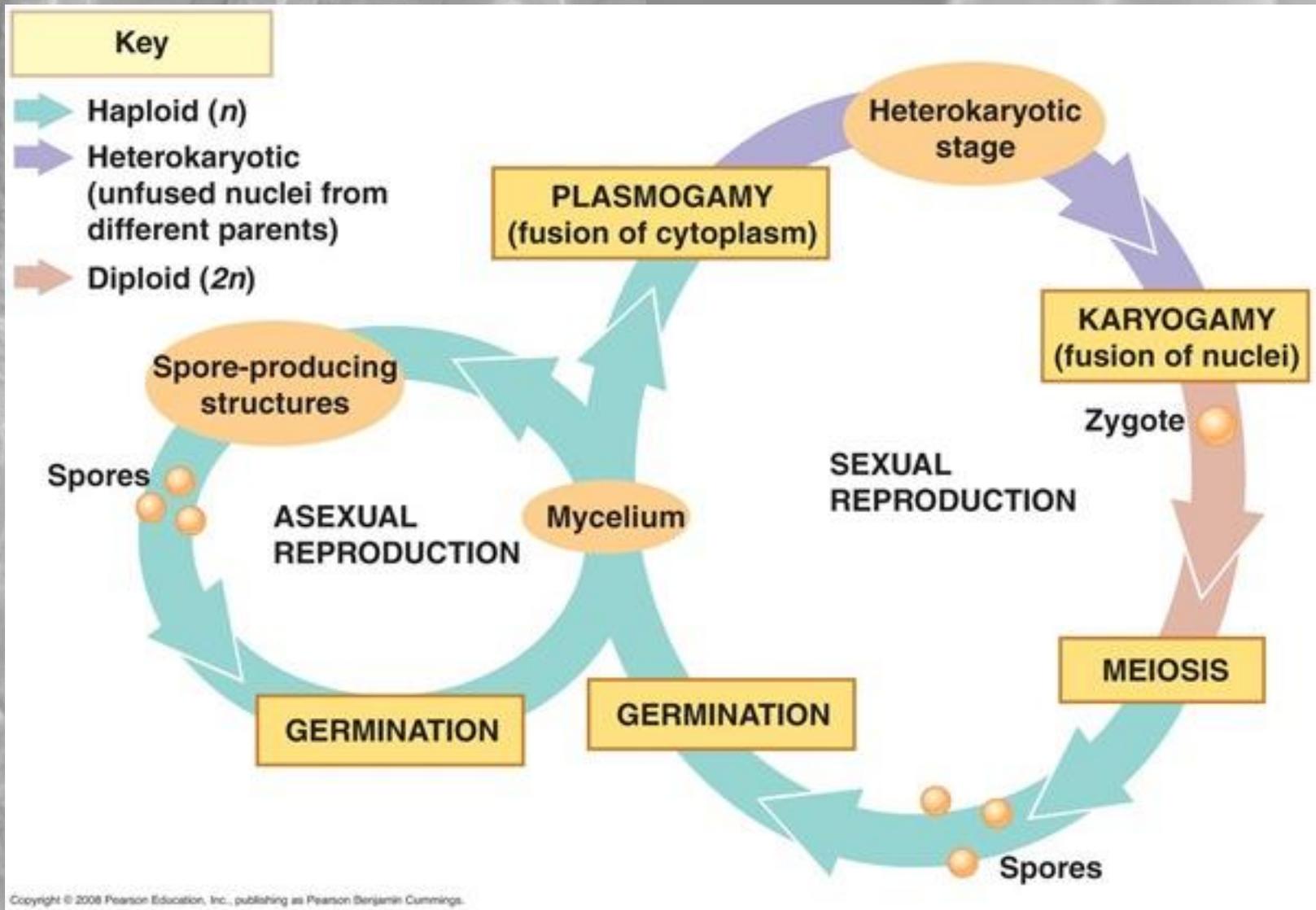
Muellerella lichenicola



Rhizocarpon geograficum



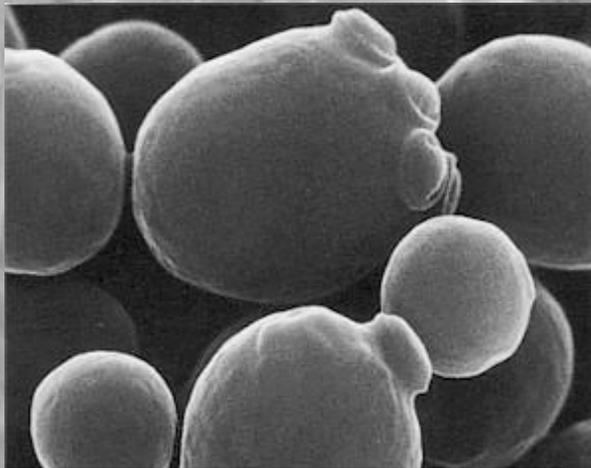
Ciclo riproduttivo degli ASCOMICETI



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)



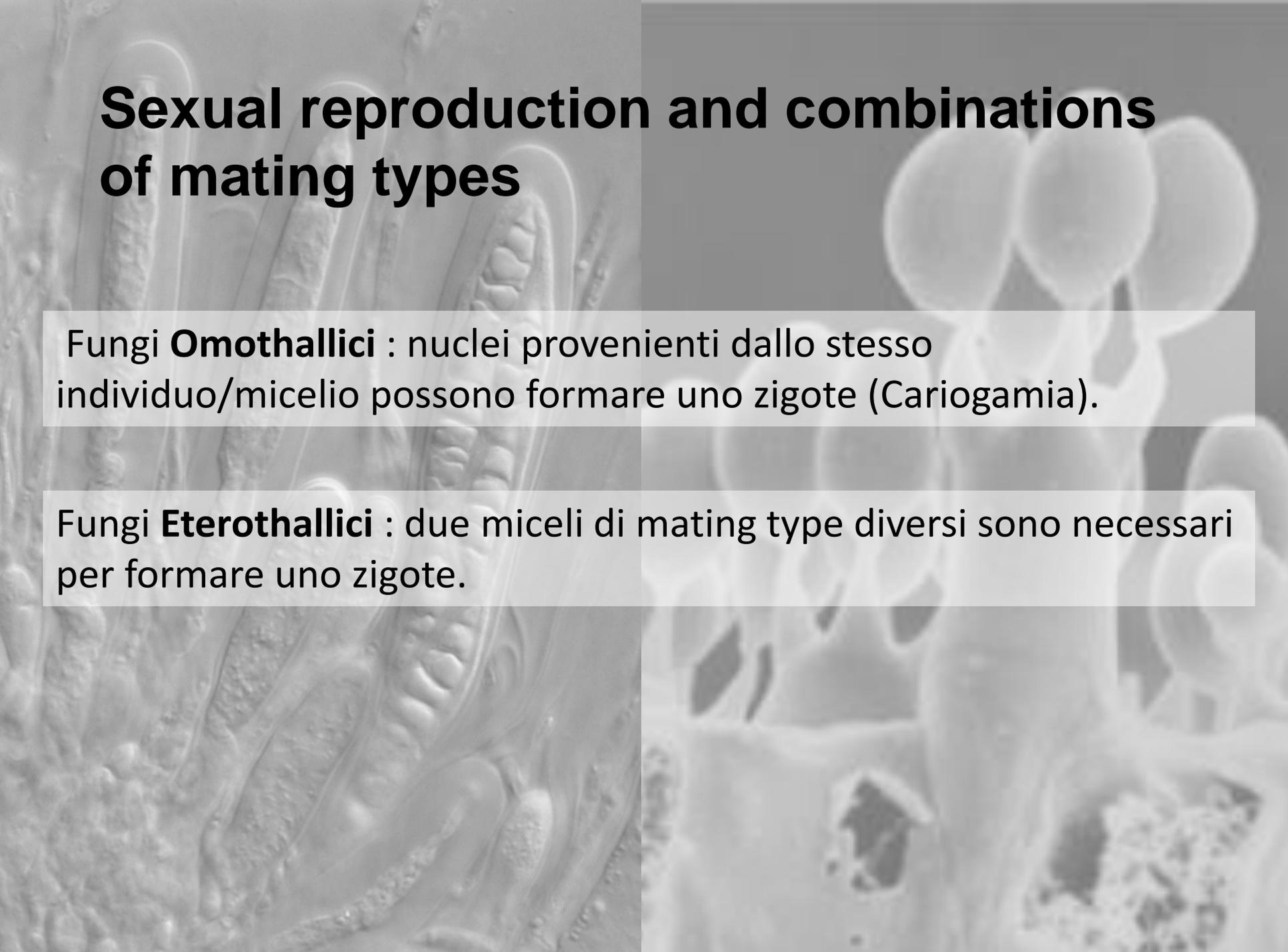
Saccharomyces cerevisiae

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

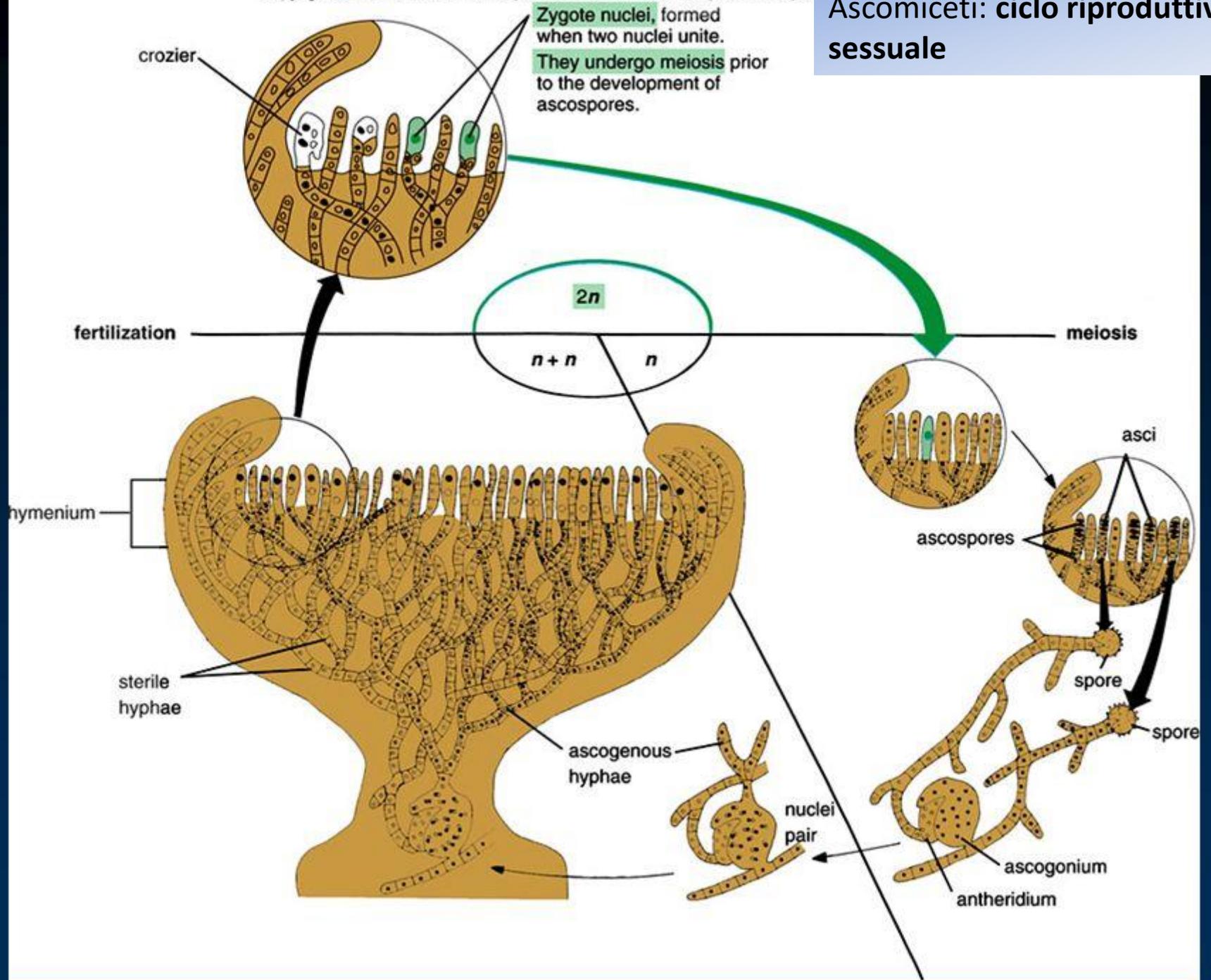
Sexual reproduction and combinations of mating types

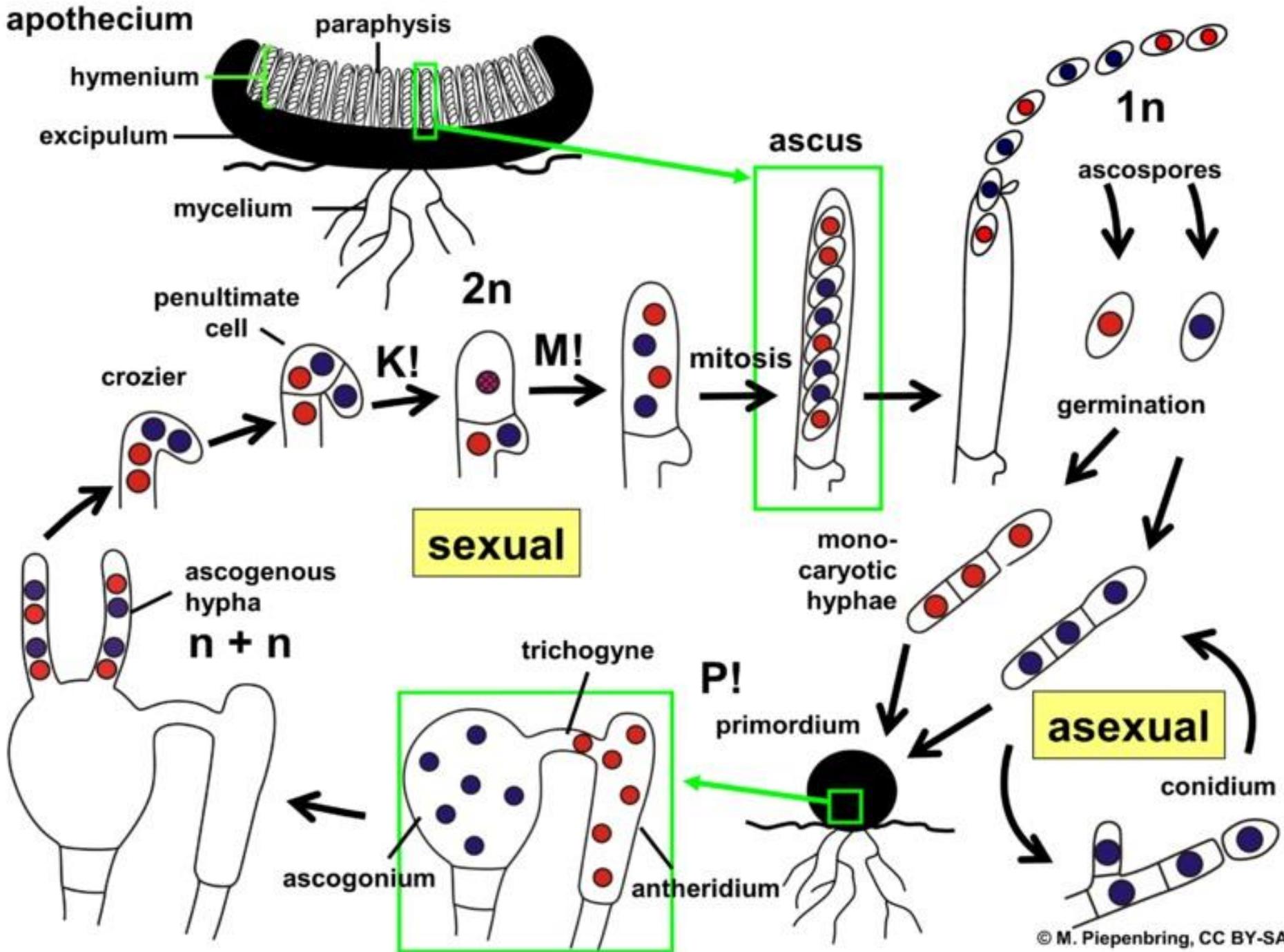


Fungi **Omothallici** : nuclei provenienti dallo stesso individuo/micelio possono formare uno zigote (Cariogamia).

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

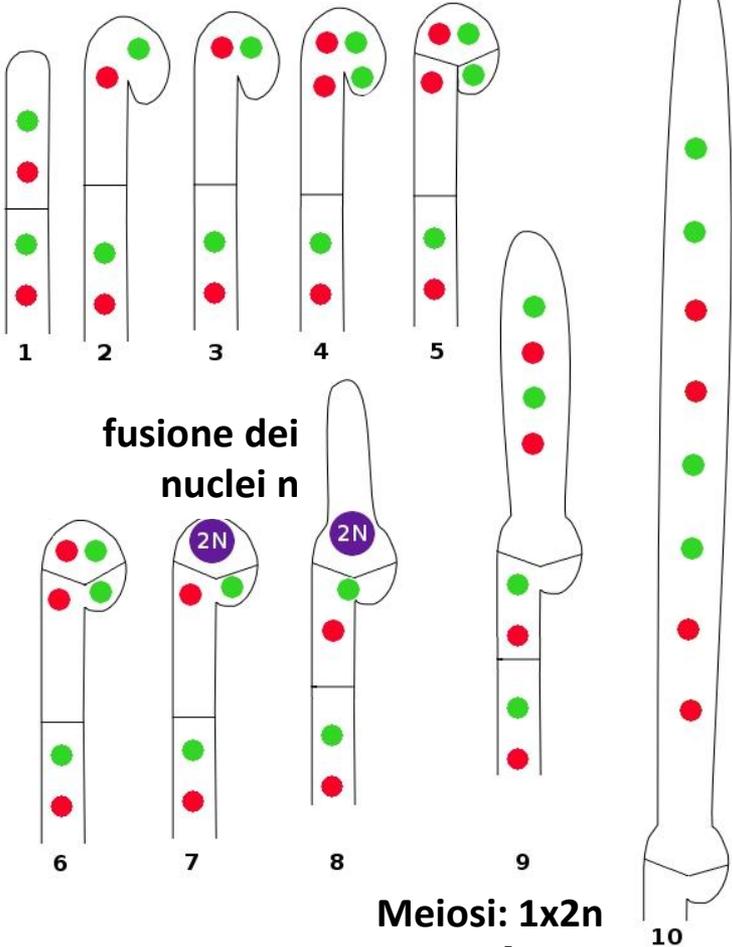
Ascomyceti: ciclo riproduttivo sessuale





Ascomiceti: ciclo riproduttivo sessuale

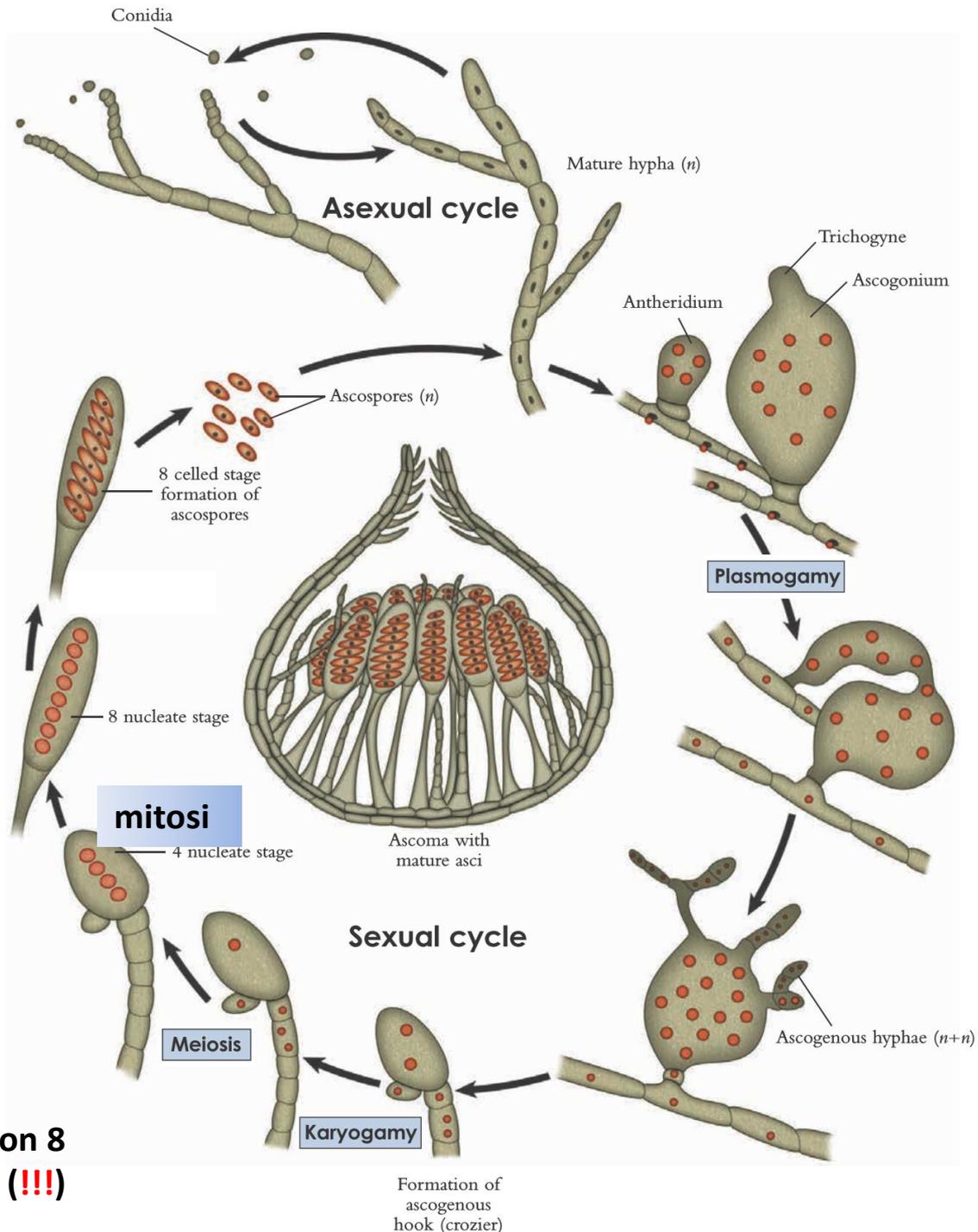
formazione crozier con mitosi



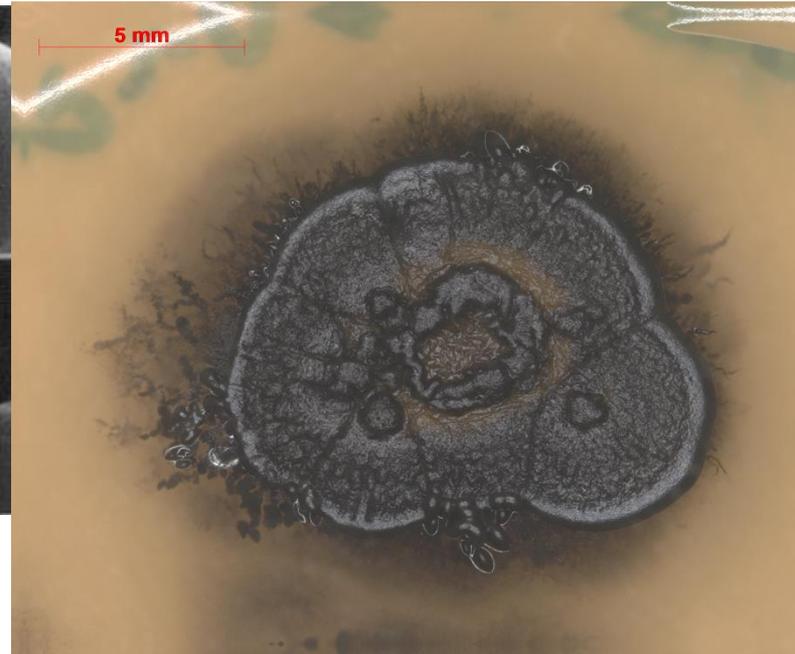
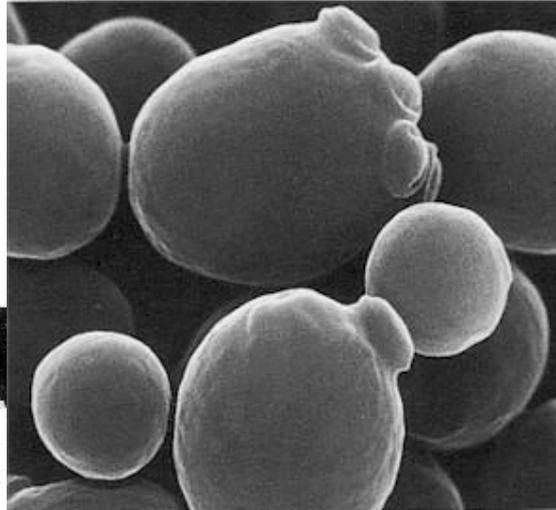
fusione dei nuclei n



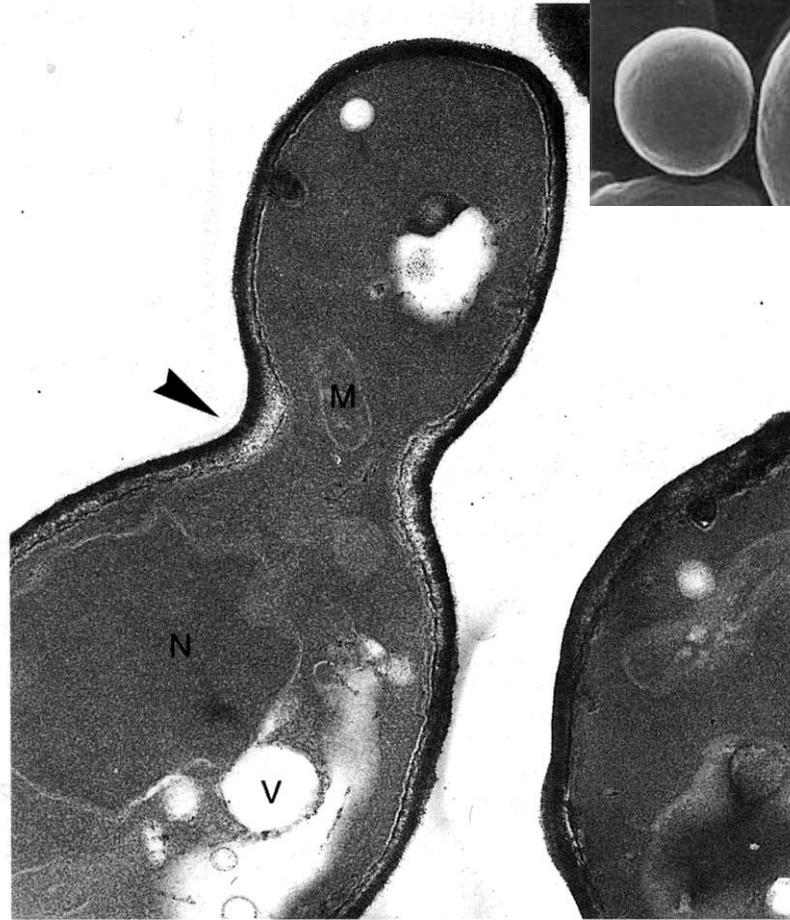
Asco con 8 nuclei (!!!)



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



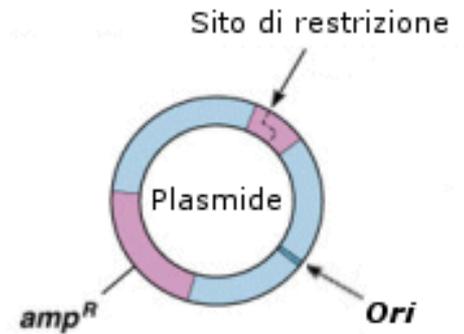
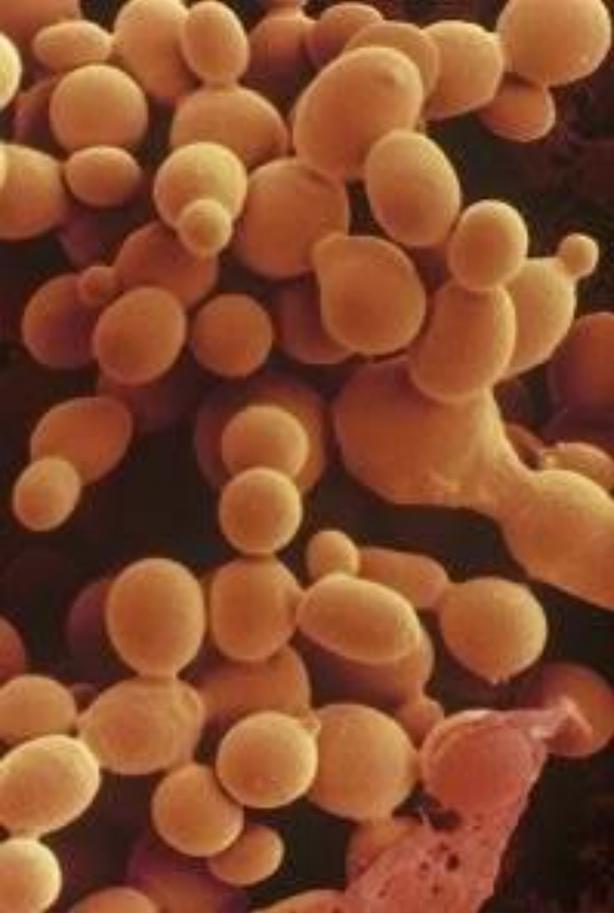
*Hotaea
werneckii*



*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 (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°C
- Meiosi (**n !!!**) mating types **a** ed **α**
- Uso industriale e per studi genetici



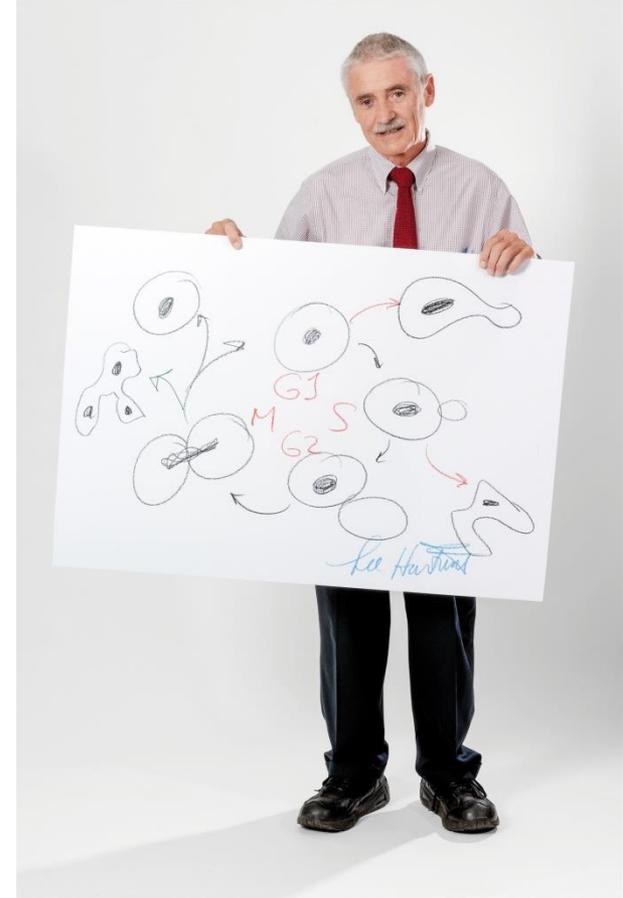
Leland Hartwell, premio Nobel 2001 per la Fisiologia e la Medicina grazie agli studi sul **ciclo cellulare** usando come sistema modello *S. cerevisiae*.

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").

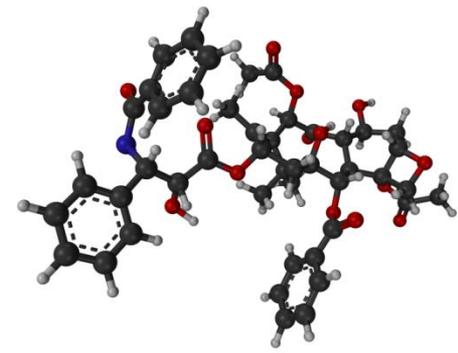
→ Identificò il ruolo dei specifici checkpoints della mitosi.

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



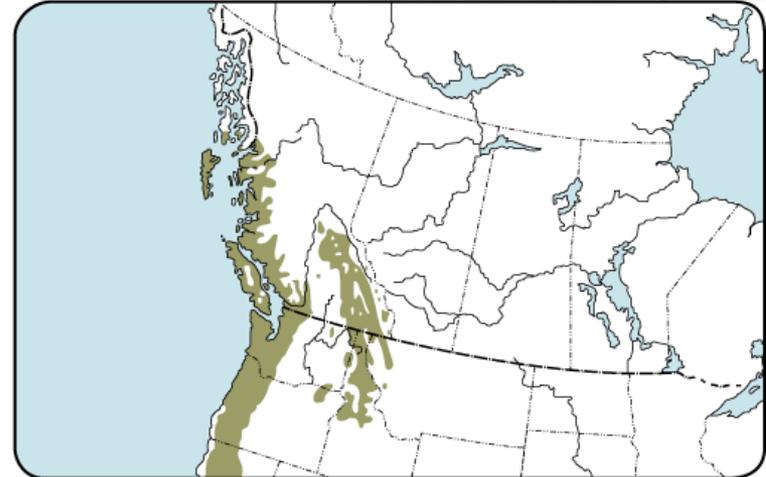
TAXOLO, scoperto nel 1967 da Wall & Wani, che lo isolarono dalla corteccia del tasso del Pacifico (*Taxus brevifolia*).

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)

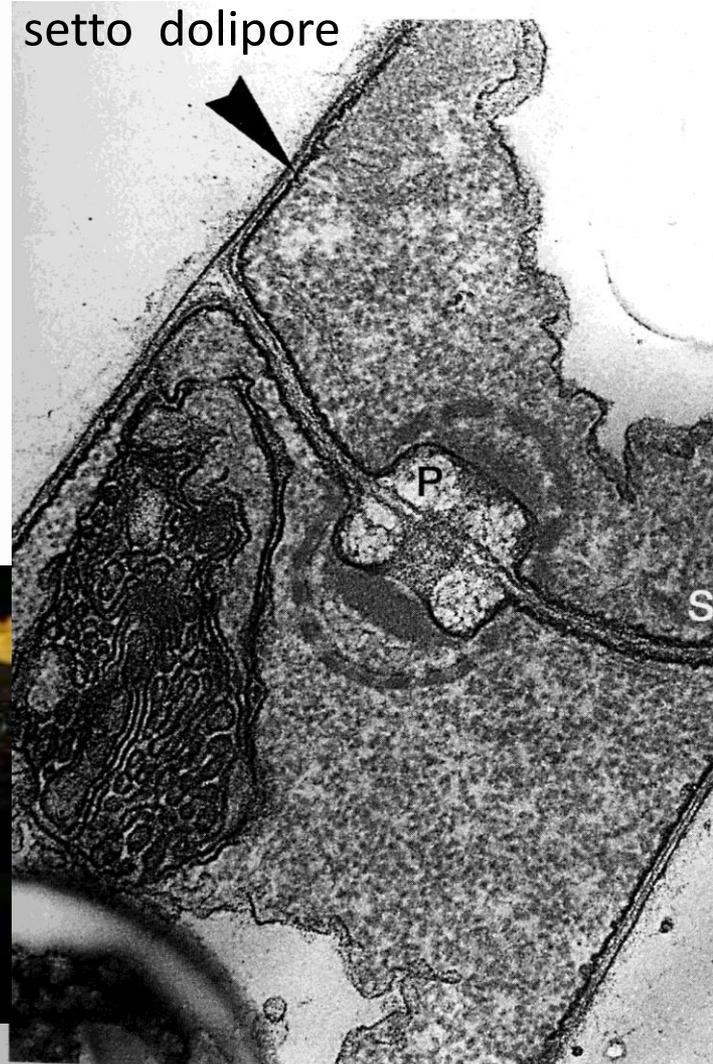
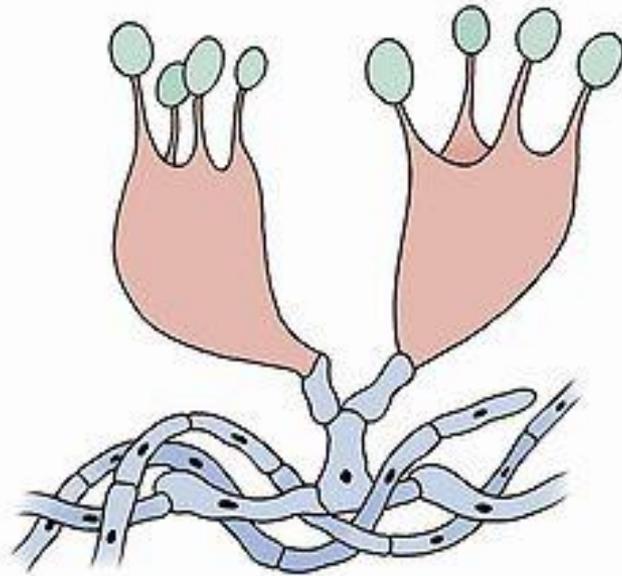


100 mg / kg di scorza → abbattimenti sconsiderati di popolazioni naturali di *Taxus brevifolia* → estrazione possibile anche dalle foglie, con necessità di eliminare altri alcaloidi presenti e fortemente tossici

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.



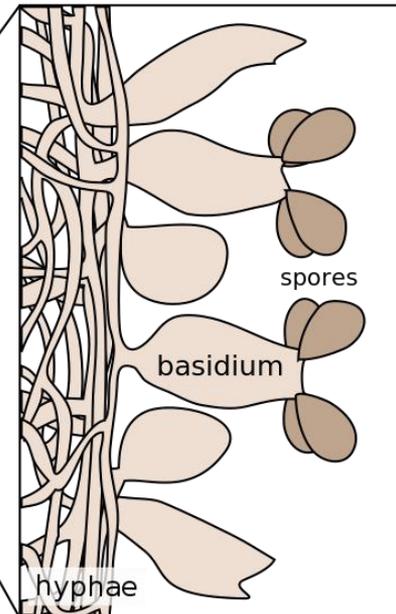
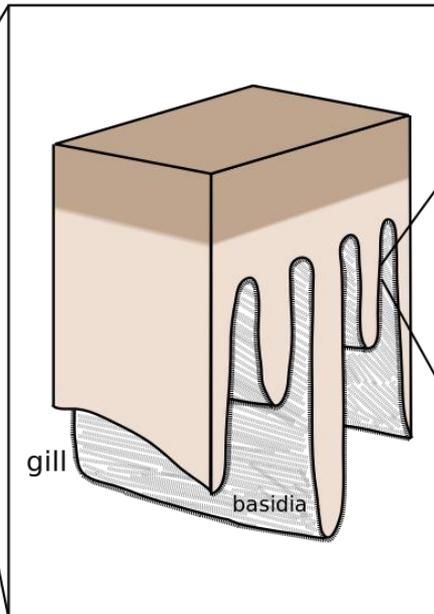
- Demolitori di lignina («marciume bianco») → utilizzo a livello industriale (industria della carta), e ambientale (processi di biorimediazione), e.g. *Phanerochaete chrysosporium*, *Bjerkandera adusta*, *Trametes versicolor*.



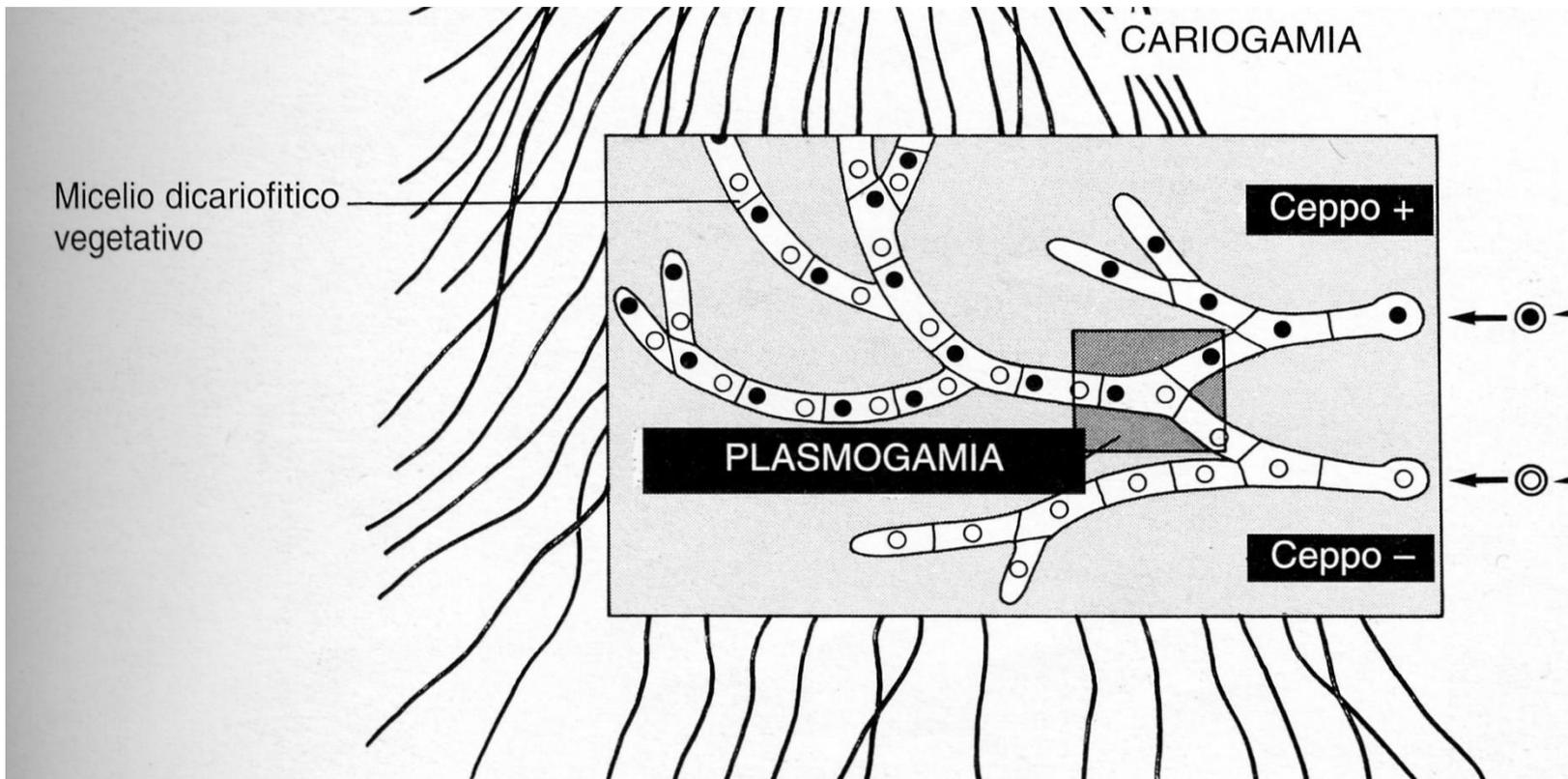


Basidiocarpi:

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



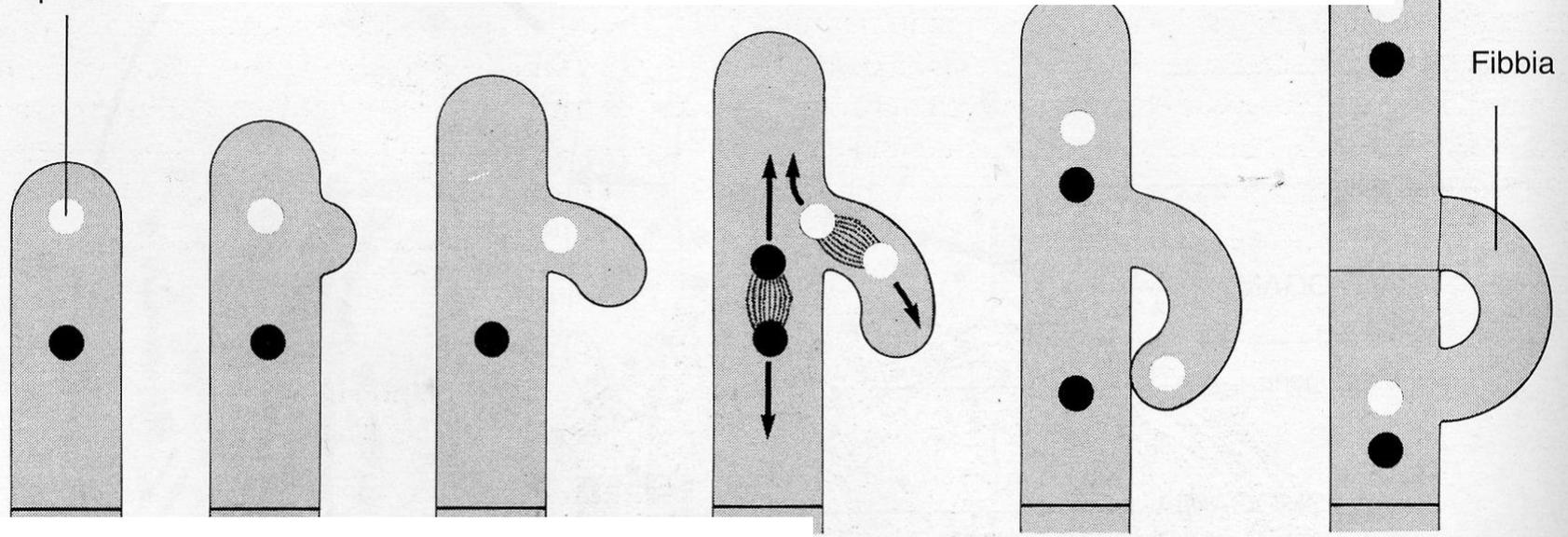
- I miceli aploidi si fondono = plasmogamia,
- cariogamia ritardata: i 2 nuclei compatibili rimangono indipendenti,
- successiva ripetuta divisione di questa cellula binucleata forma un **micelio dicarionico** o **DIKARYON**, resistente, vive a lungo, spesso stagionale (!).



Nucleo aploide

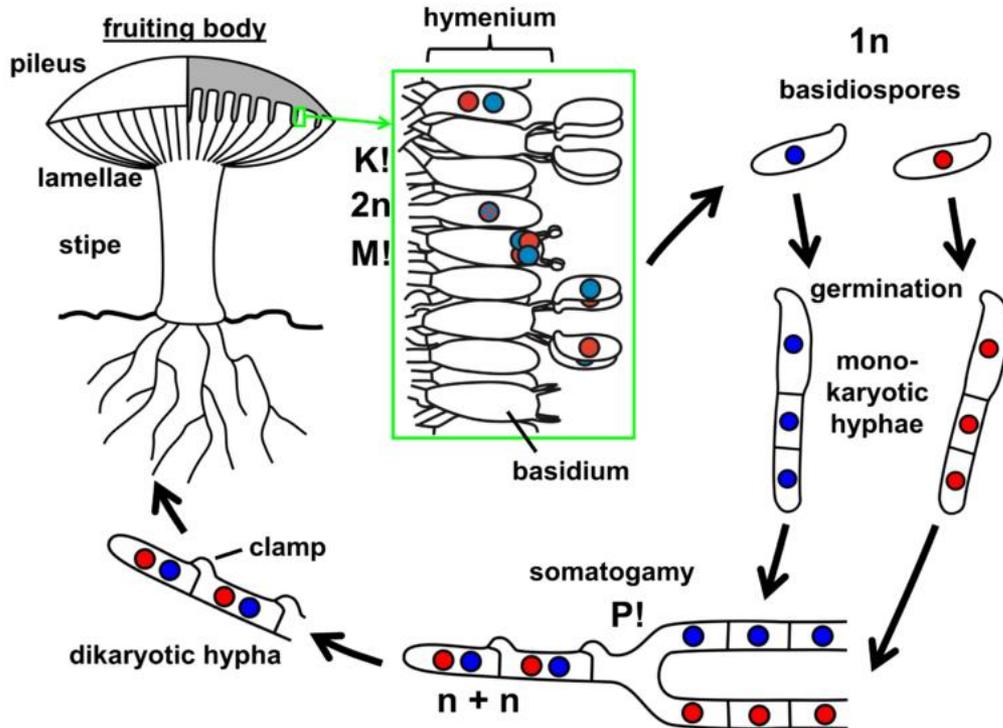
divisione a fibbia...

...mitosi e migrazione dei nuclei



5

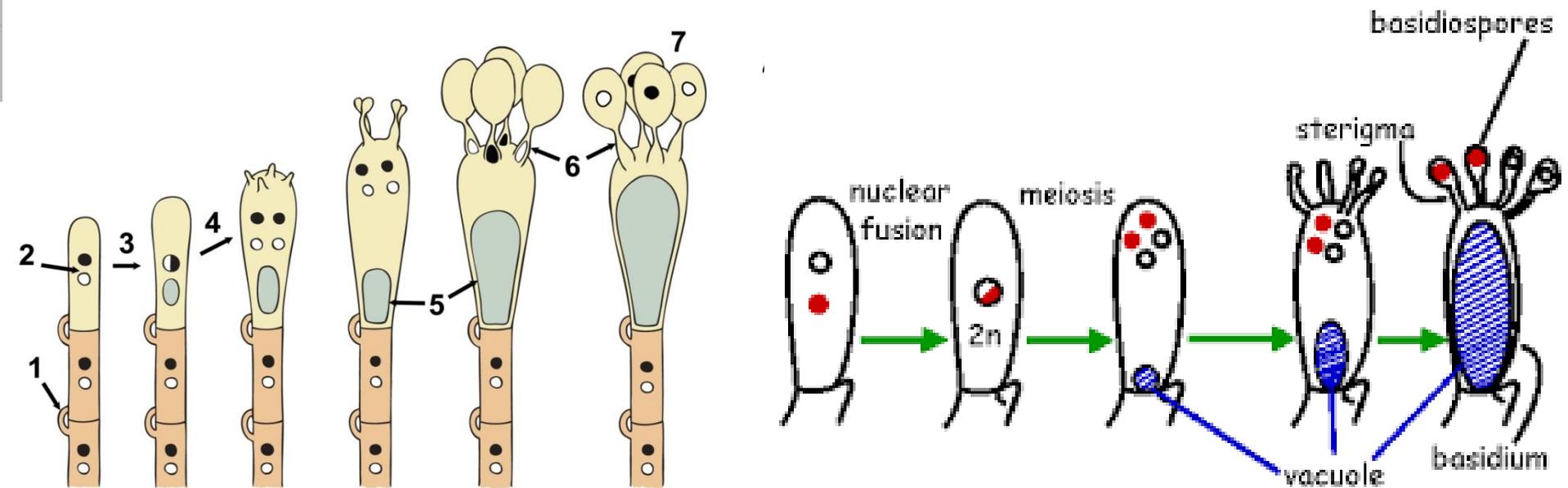
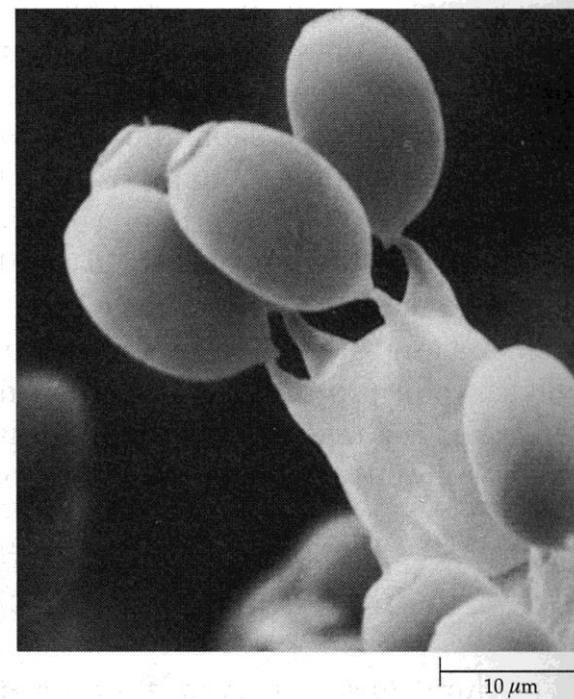
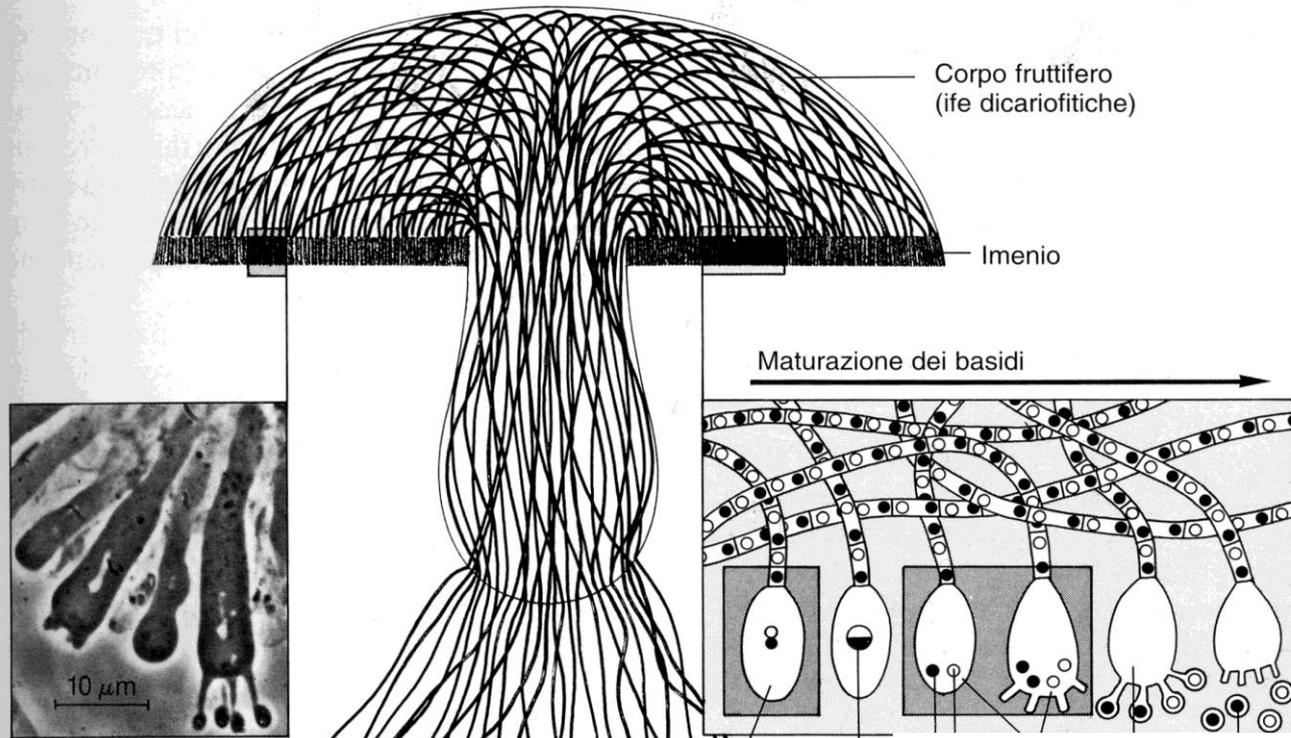
6



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

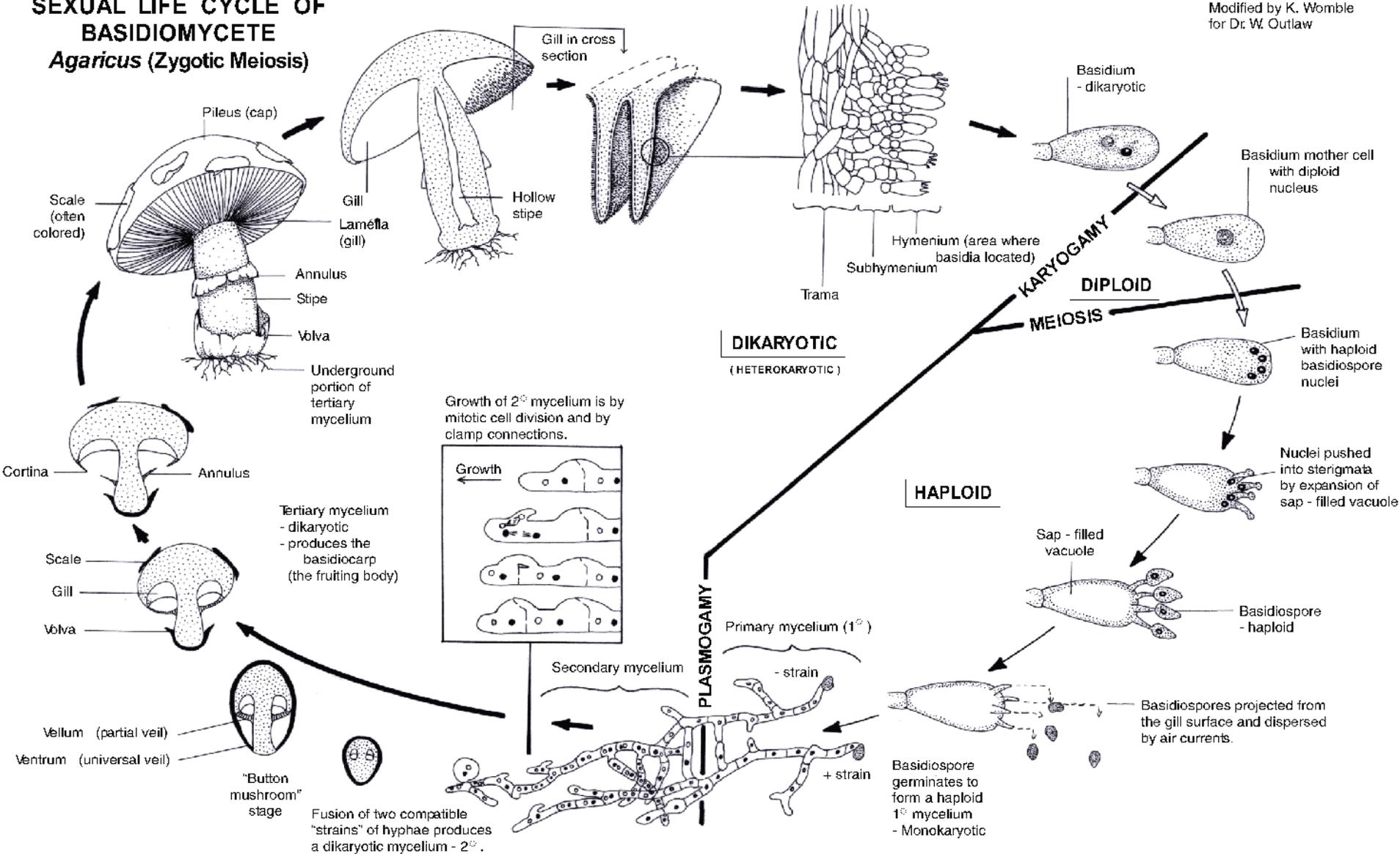
...mantenimento del dikaryon e sviluppo del basidio ...

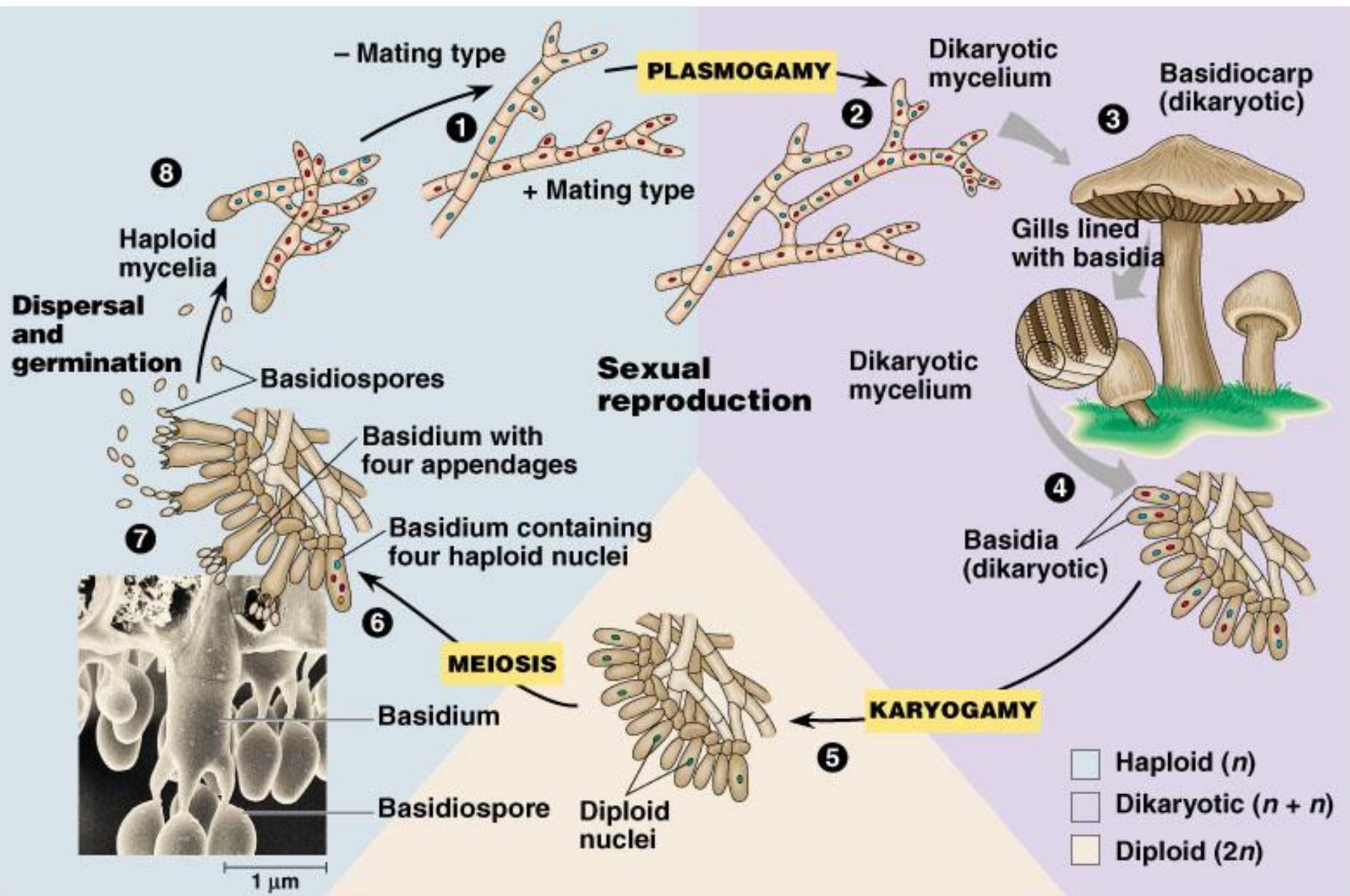
Basidiomiceti: ciclo riproduttivo sessuale



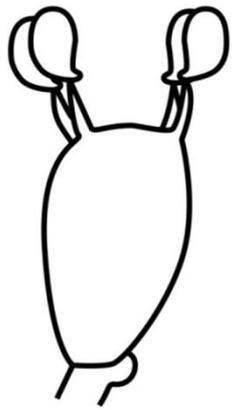
SEXUAL LIFE CYCLE OF BASIDIOMYCETE *Agaricus* (Zygotic Meiosis)

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





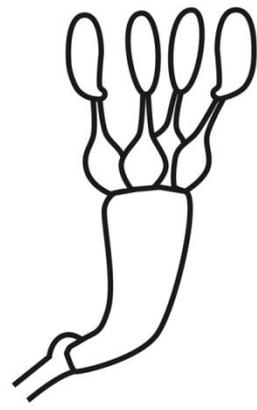
Agaricales



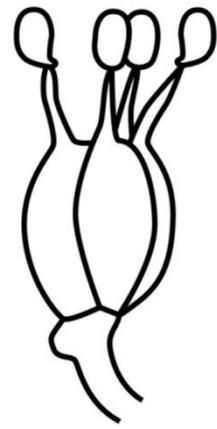
Exobasidiales



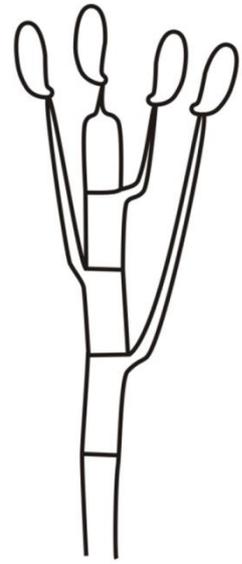
Tulasnellales



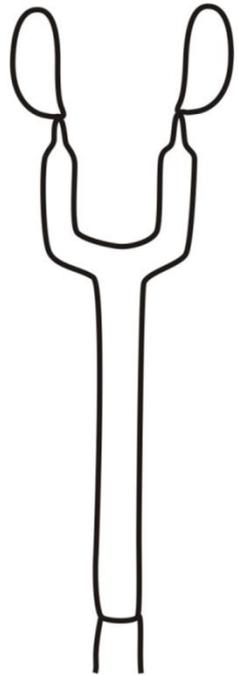
Tremellales



Auriculariales



Dacrymycetales



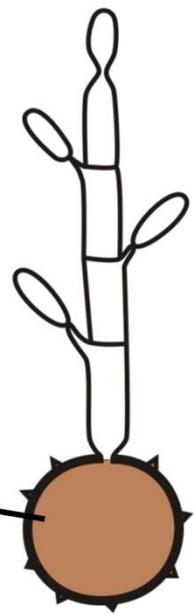
„Gasteromycetes“



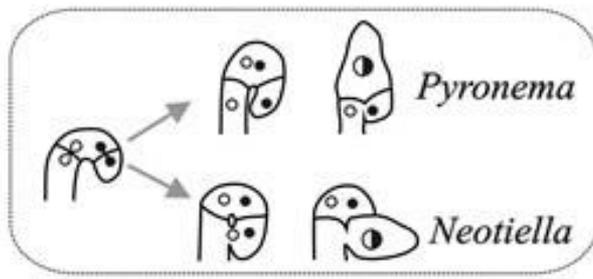
Pucciniales



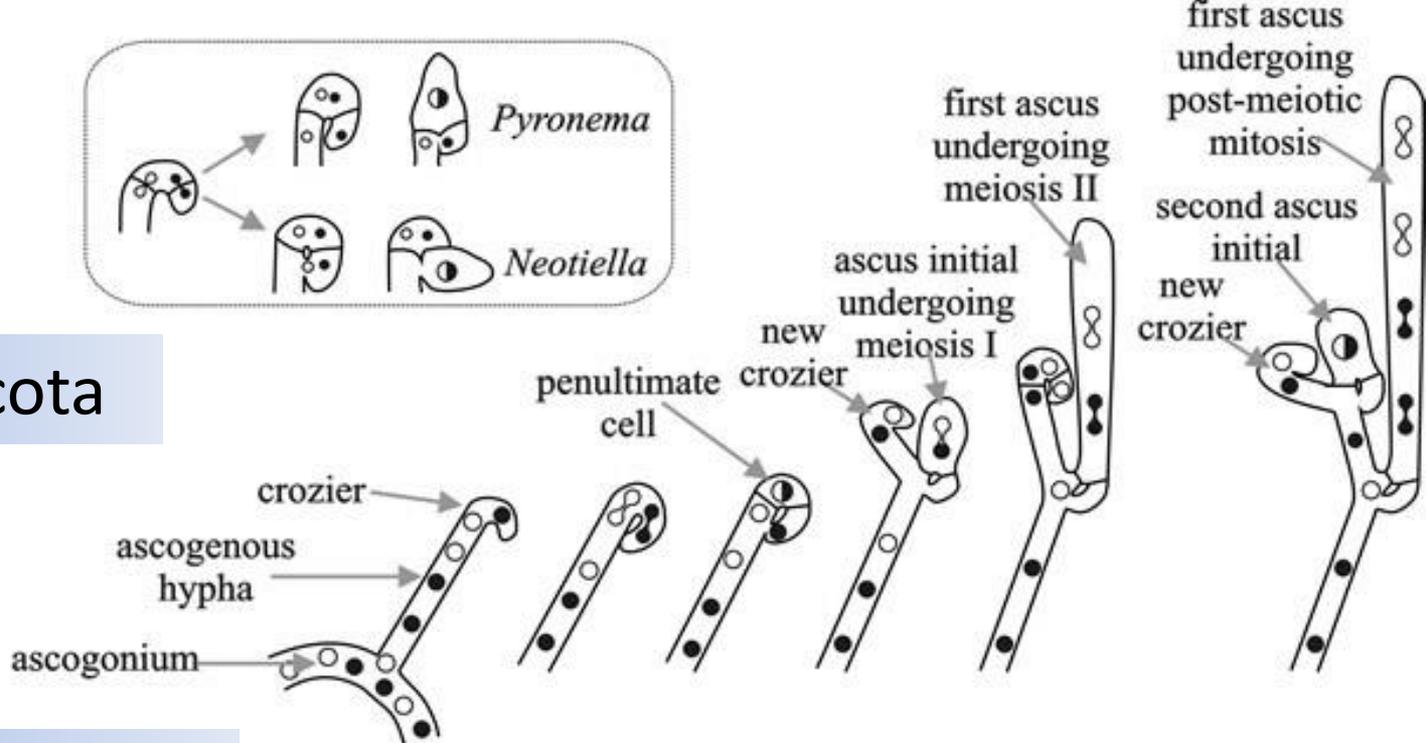
Ustilaginales



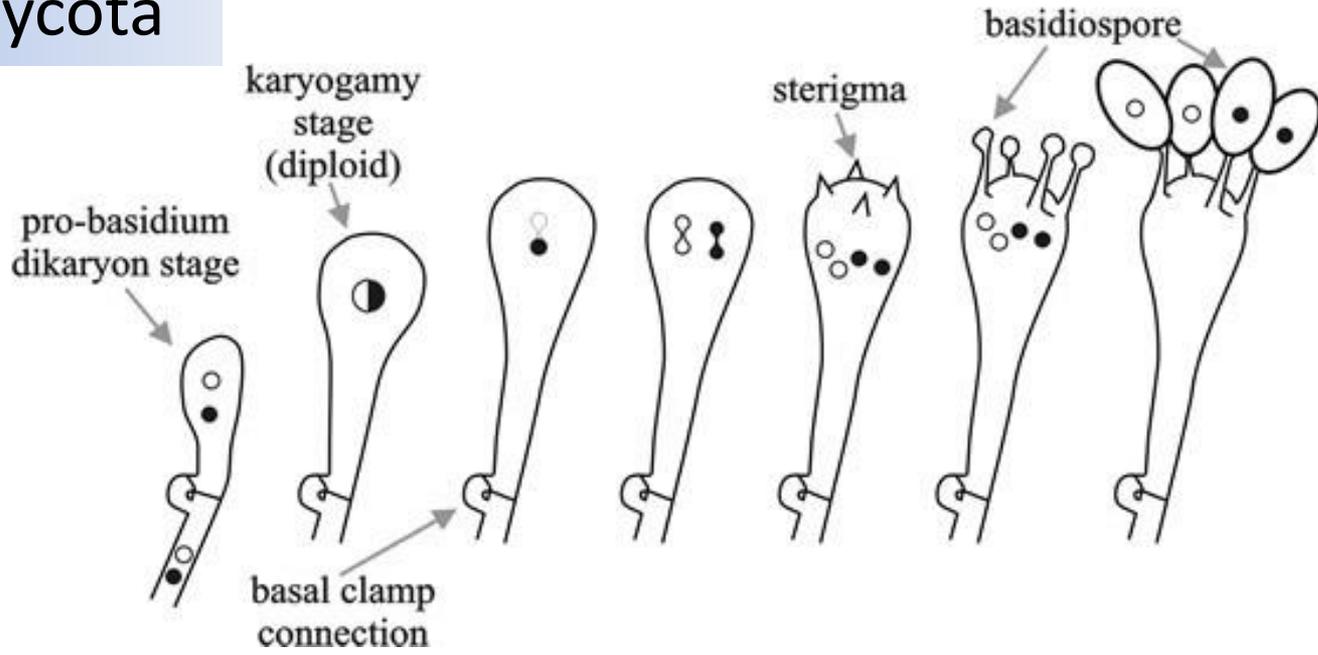
teliospores =
probasidia



Ascomycota



Basidiomycota



Pucciniomiceti (ruggini)

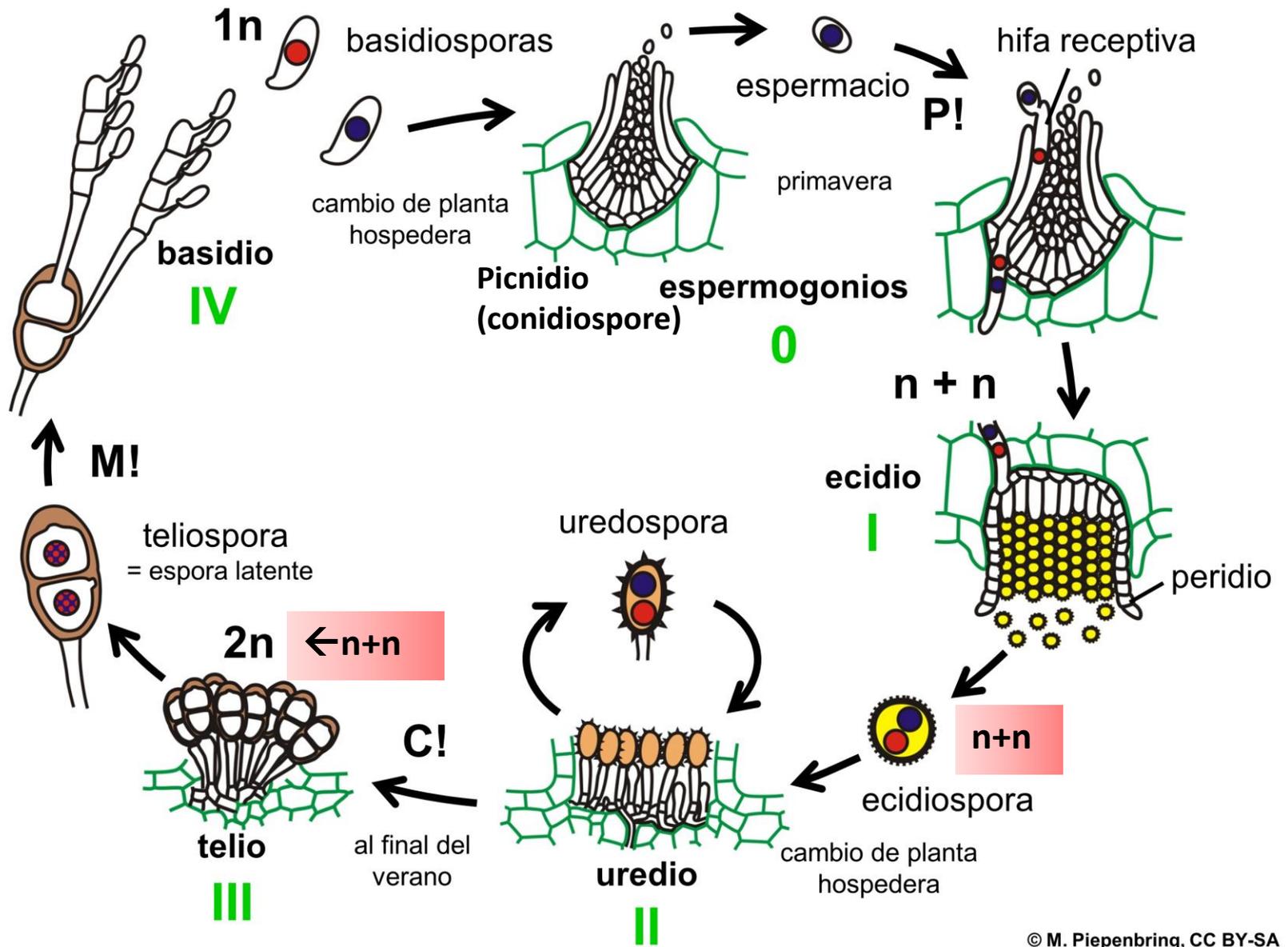
Colpiscono le colture in modo devastante, sono altamente specializzate → è molto difficile combatterli



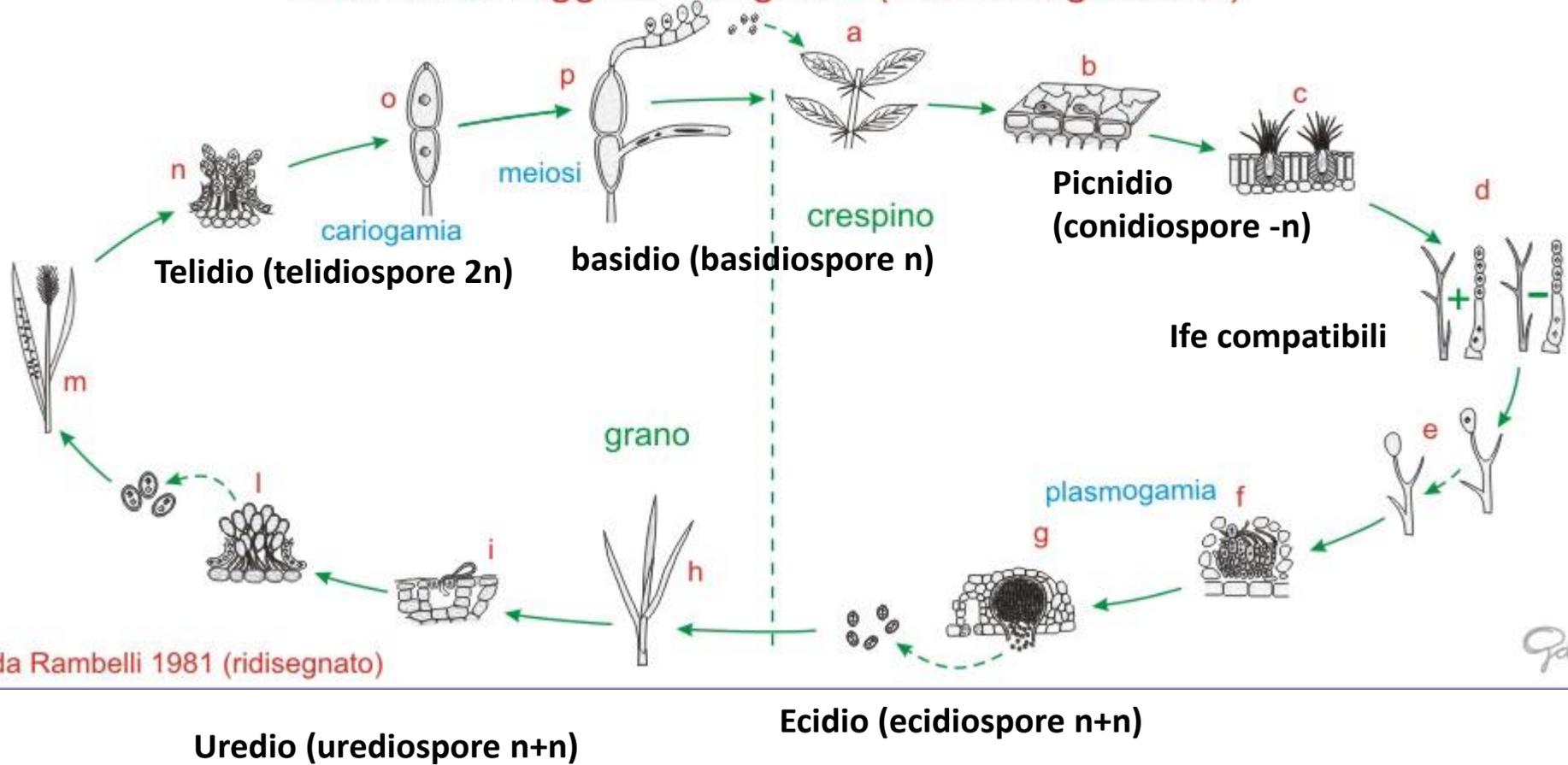
Spesso vivono su più ospiti contemporaneamente ed in momenti diversi dei loro cicli di vita (... complicatissimi!).



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.



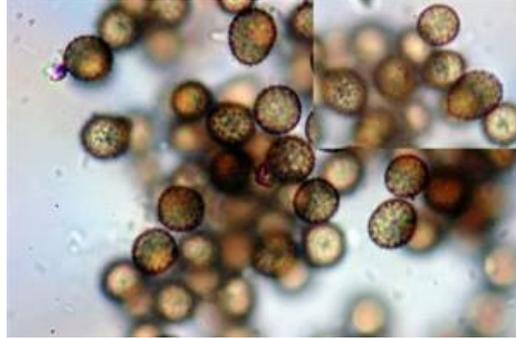
Ciclo della "ruggine" del grano (*Puccinia graminis*)



da Rambelli 1981 (ridisegnato)

9d

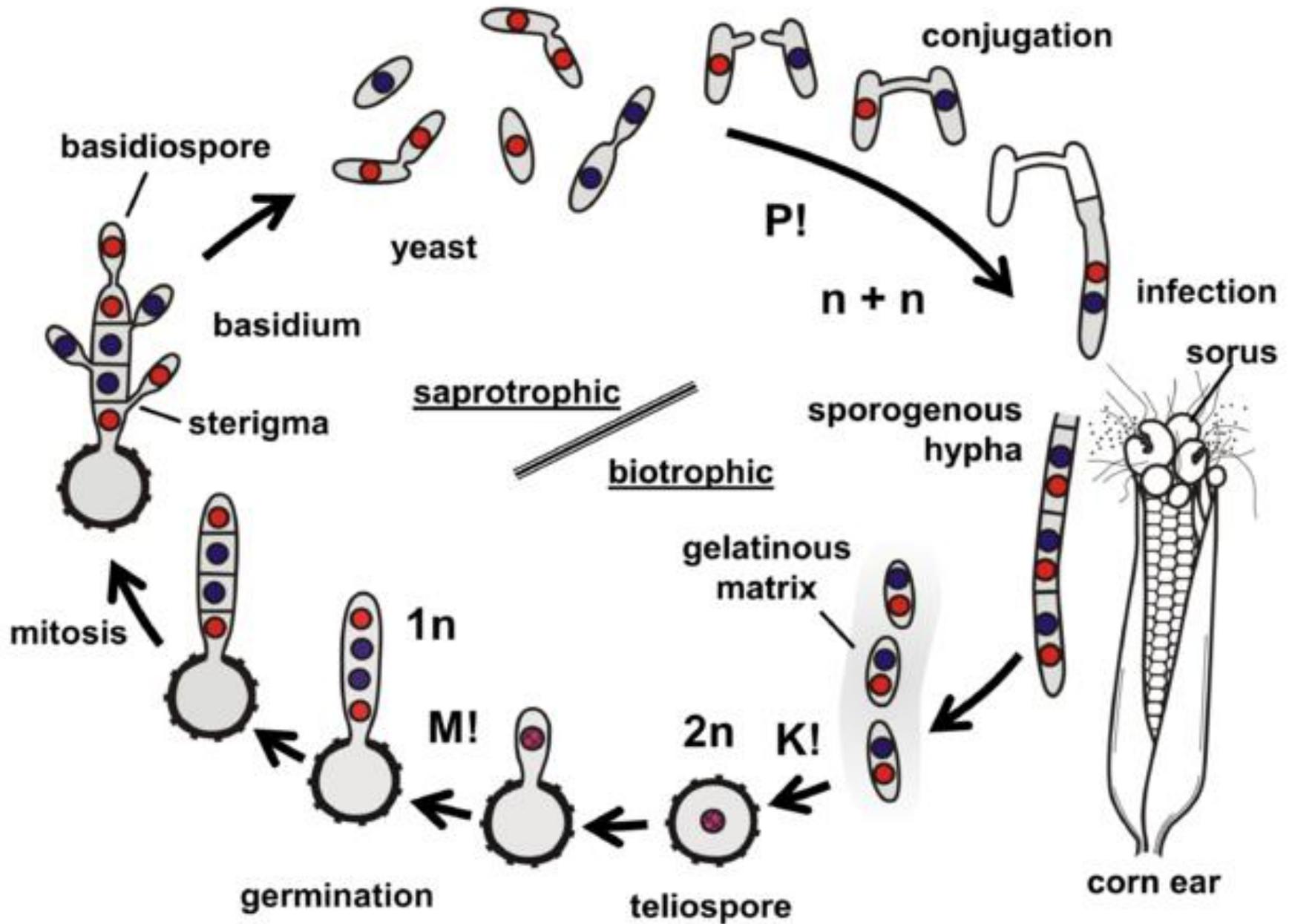
Ustilagomiceti (carboni)



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



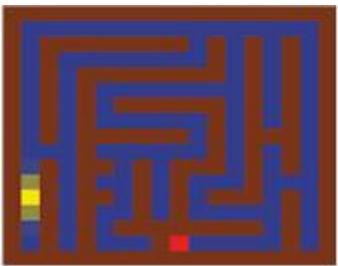
MYXOMICETA



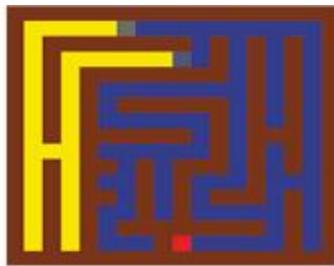
•Slime moulds

- ca. 500 species ampiamente distribuite (no endemismi!)
- Funghi perché producono spore in sporangi
- 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)



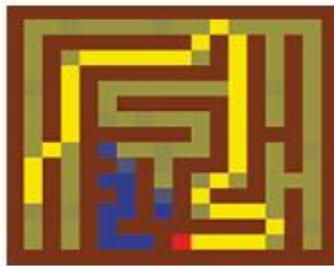
(a)



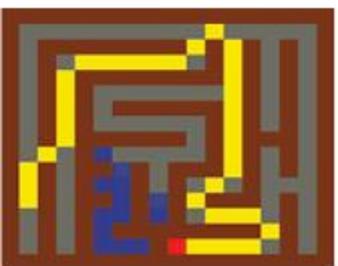
(b)



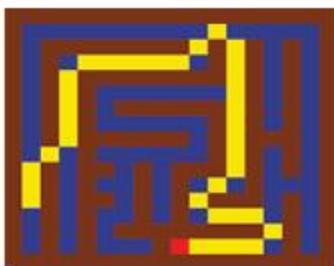
(c)



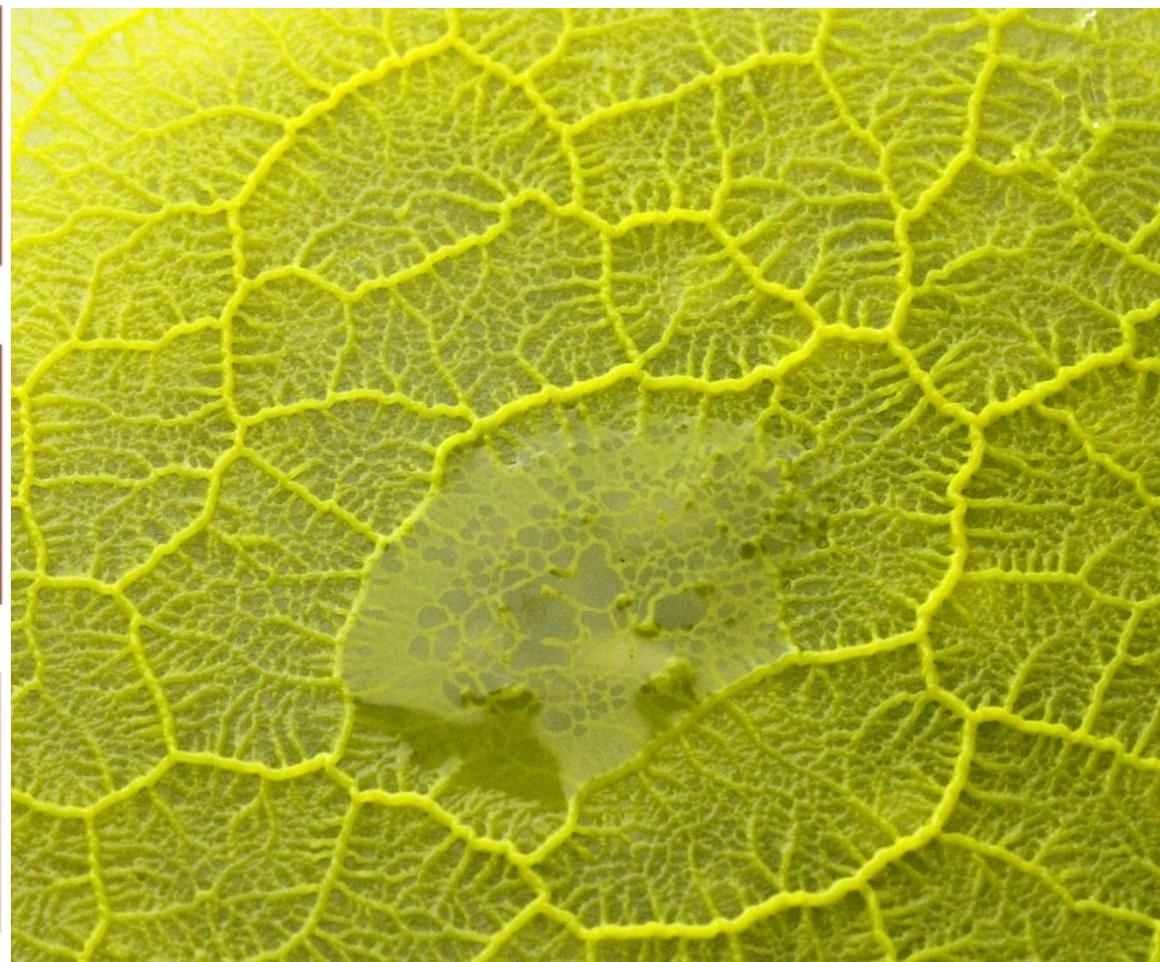
(d)



(e)

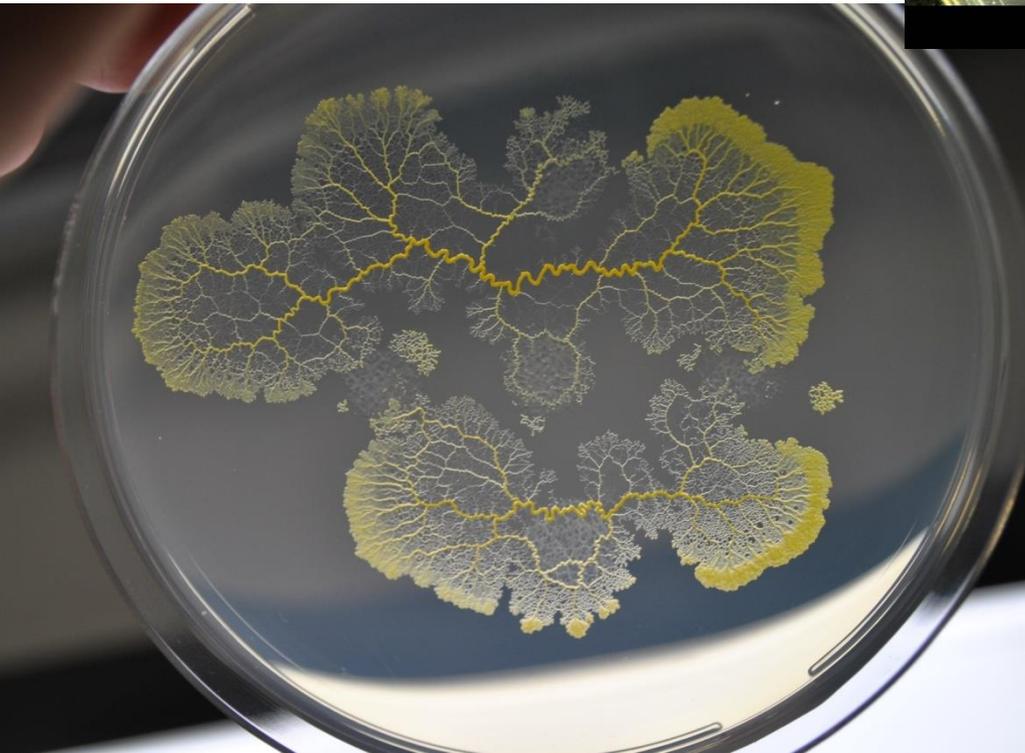
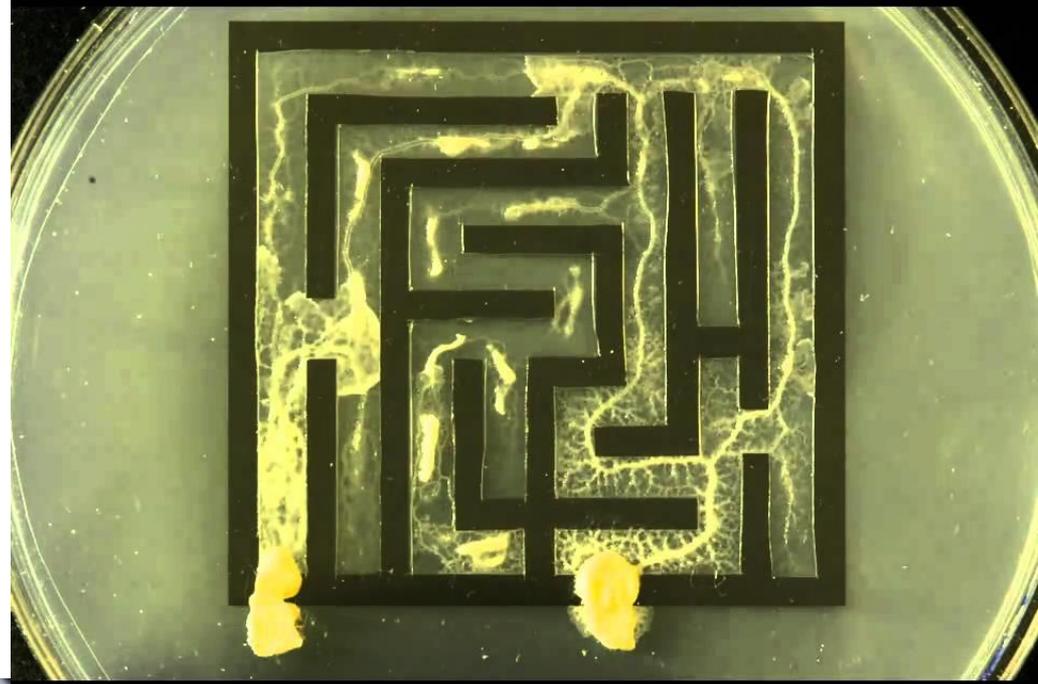


(f)

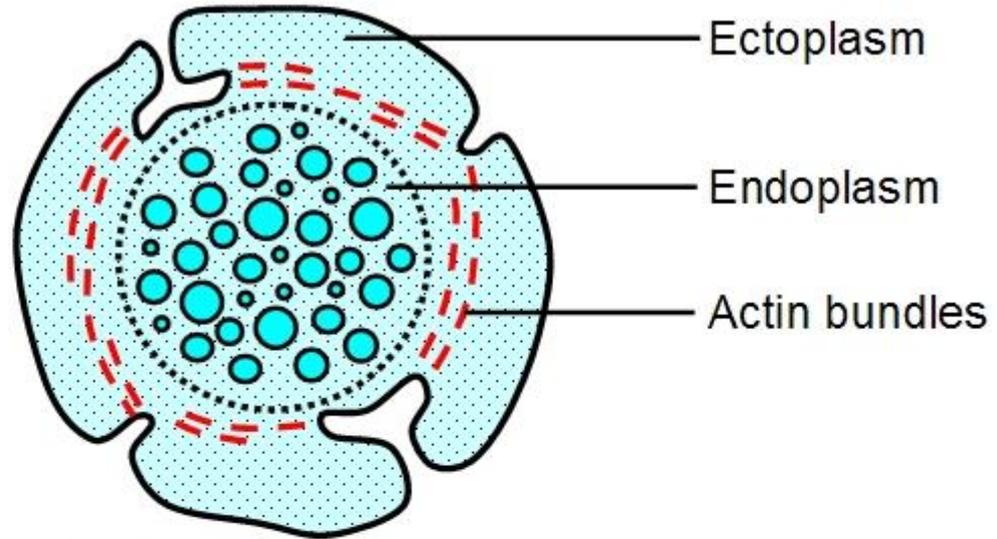


Physarum polycephalum

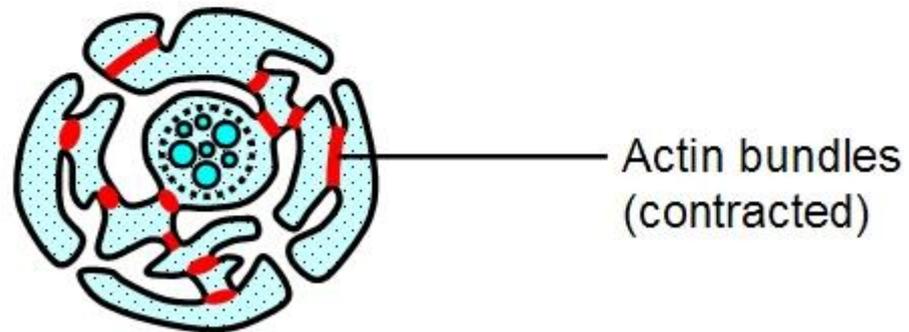
- **Plasmodio**
- Flusso di spola, flusso del protoplasma, pressione, actina
- Intelligenza (esplorare labirinti, secrezione = “memoria esterna”)



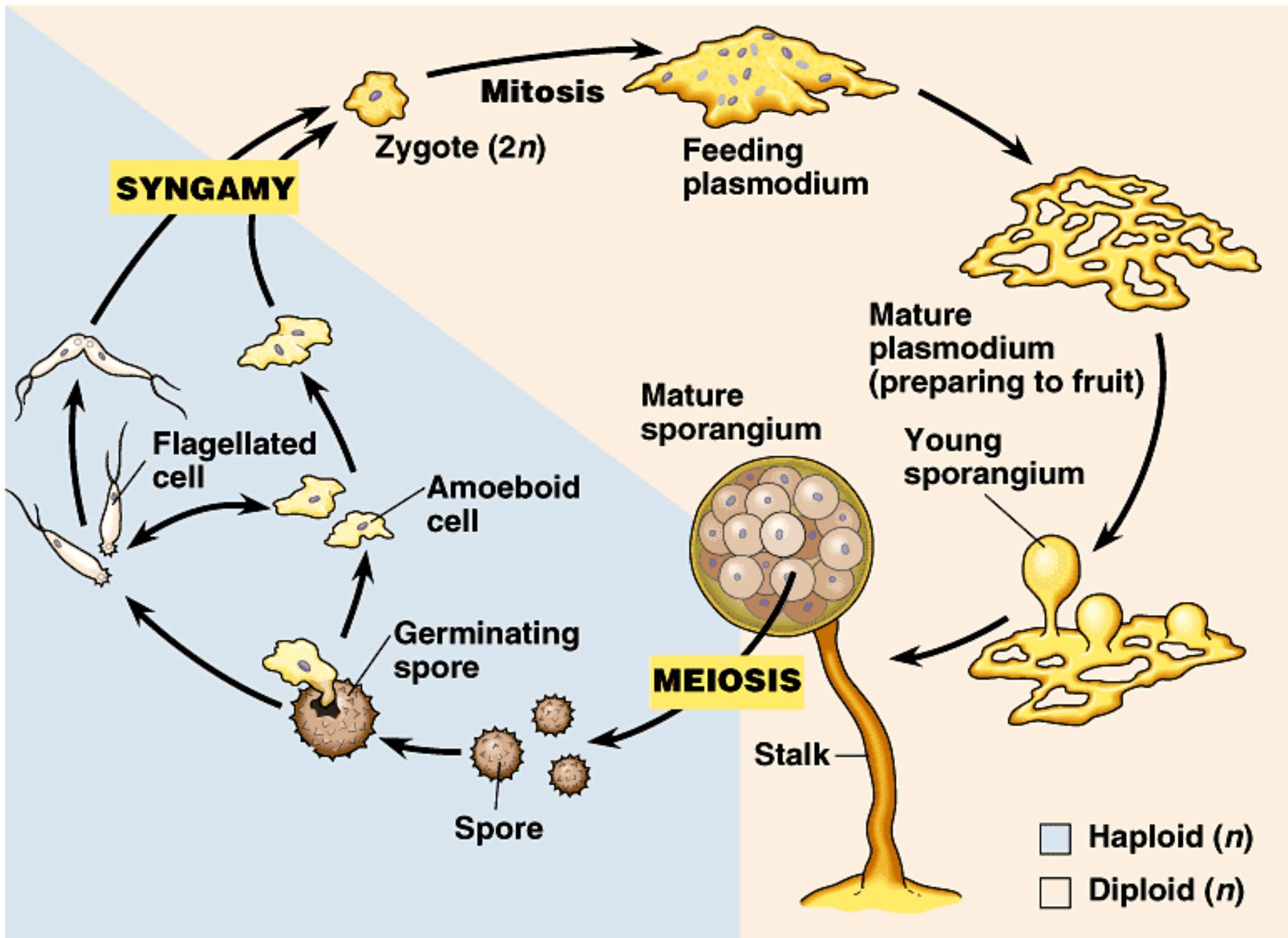
Plasmodial strand
(Cross-section)

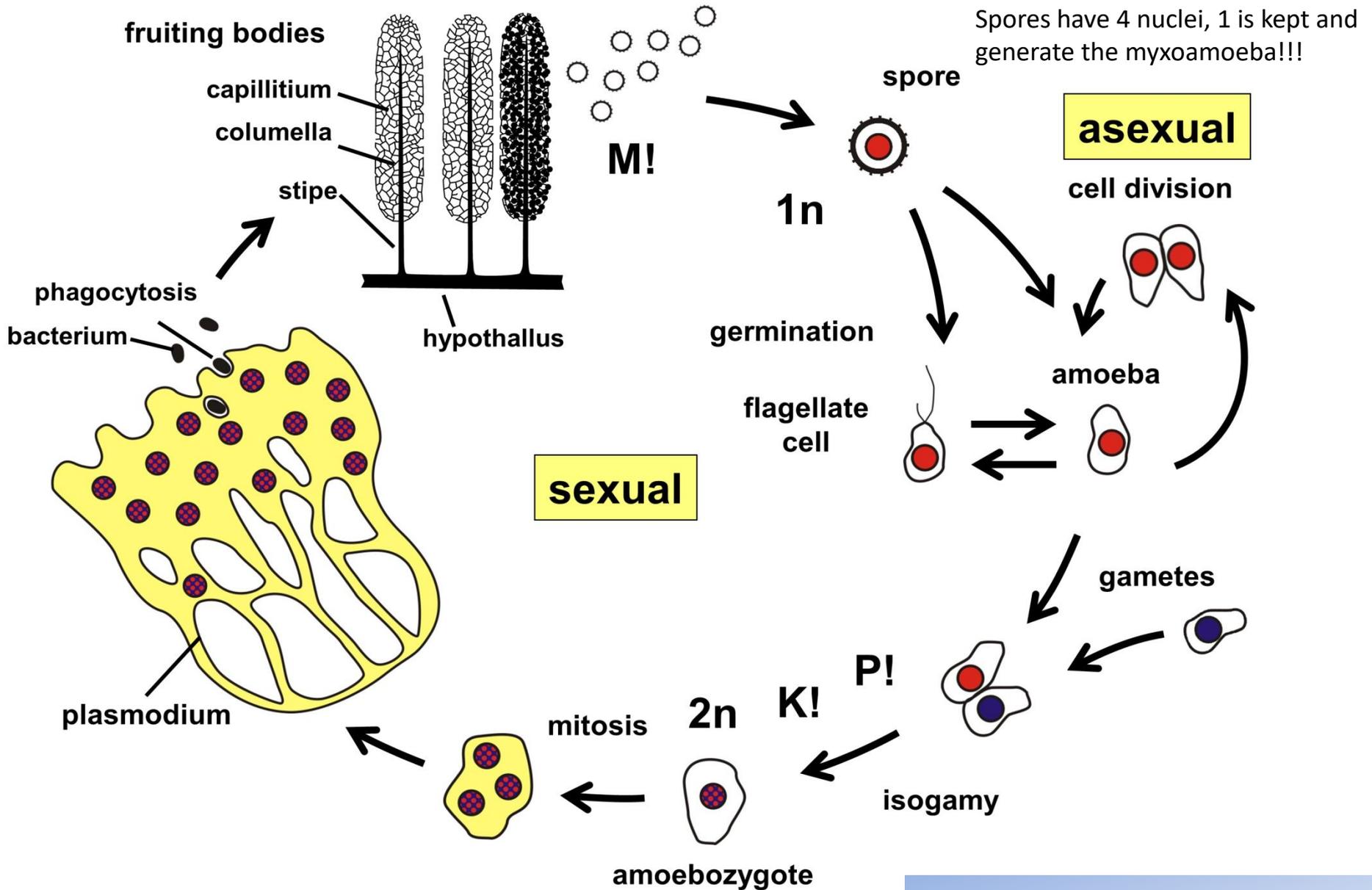


1. Relaxed state



2. Contracted state





Mixomiceti: ciclo riproduttivo sessuale

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