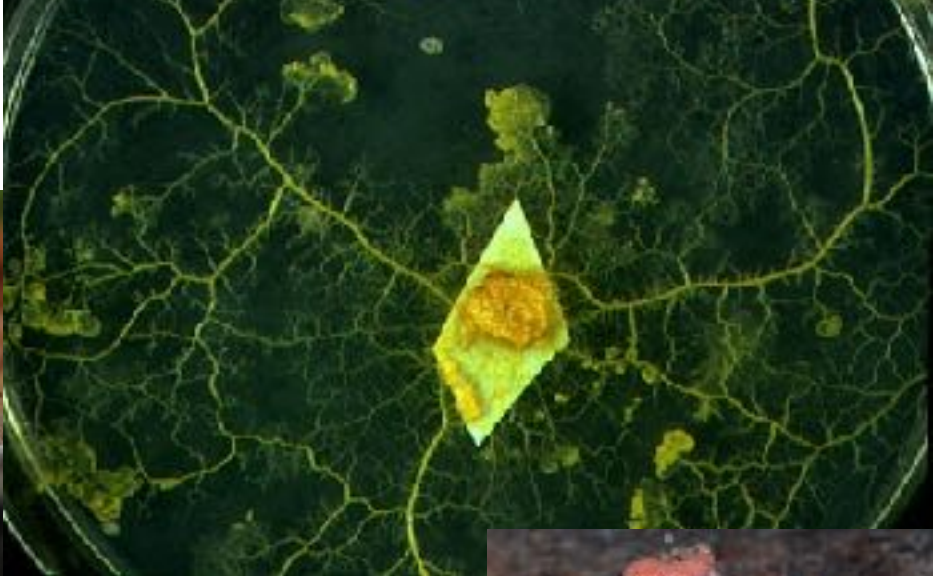


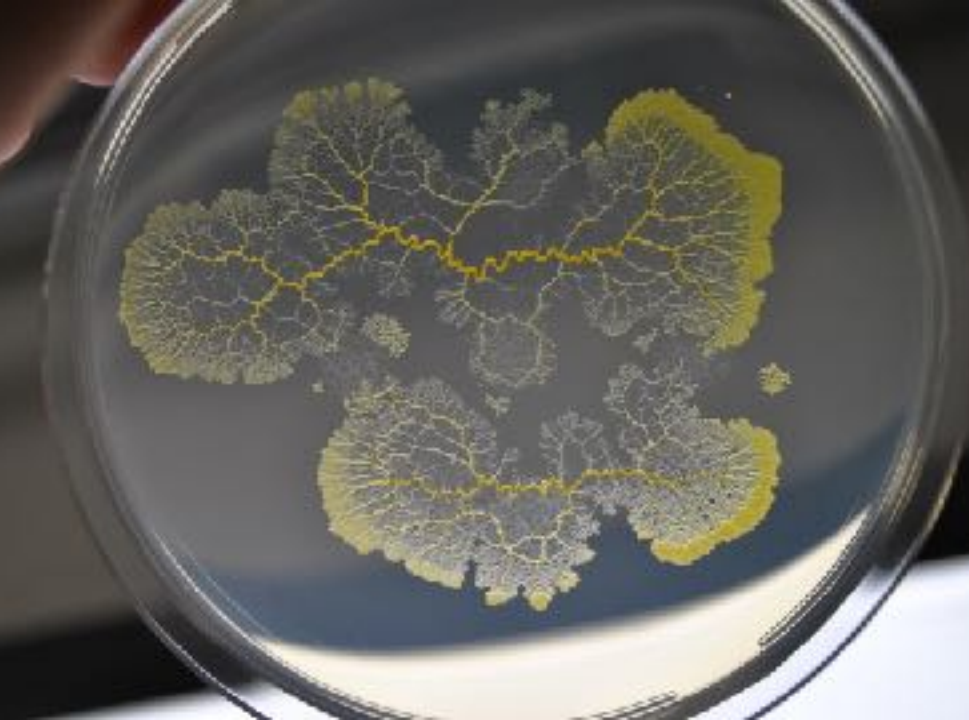
MYXOMICET



- **Slime moulds**

- ca. 880 specie 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** (1° stadio trofico)
- formazione dello sporangio indotta da mancanza di cibo o presenza di luce
- buoni soggetti per esperimenti vs. poca importanza economica





Diderma miiatum

e

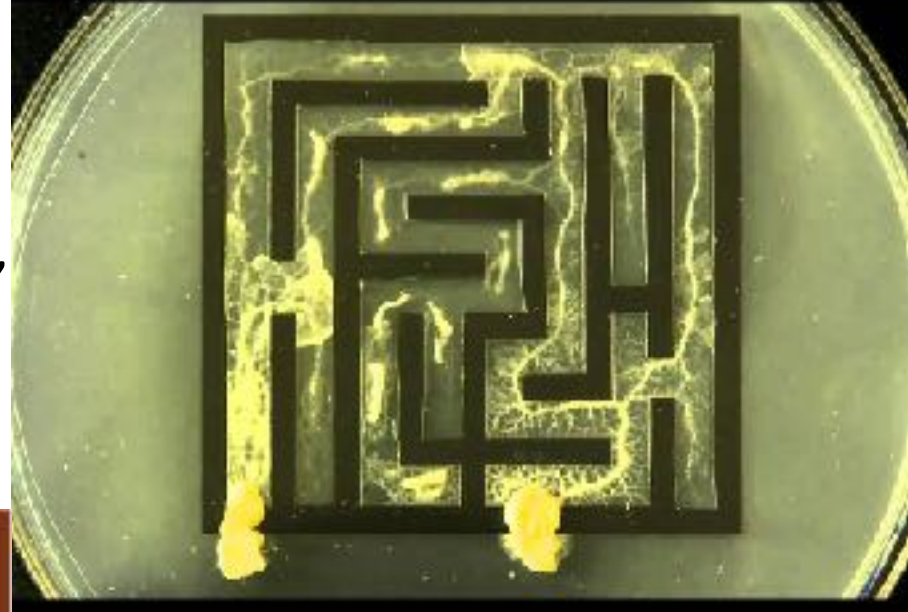


g



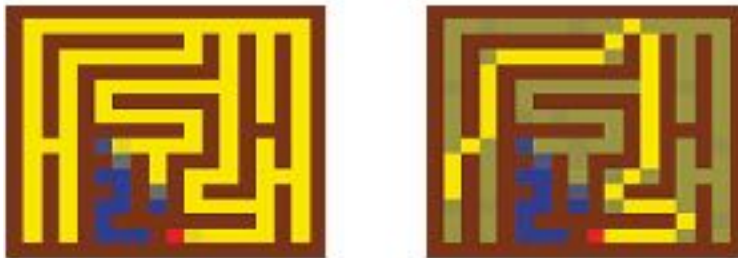
Physarum polycephalum

- **Plasmodio** (2° stadio trofico)
- Flusso di spola, flusso del protoplasma, pressione, actina
- Intelligenza (esplorare labirinti, secrezione = “memoria esterna”)



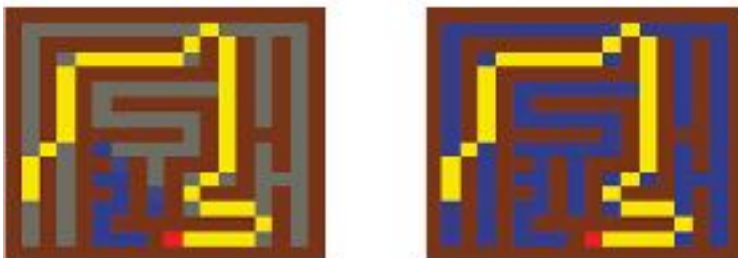
(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

(f)



a

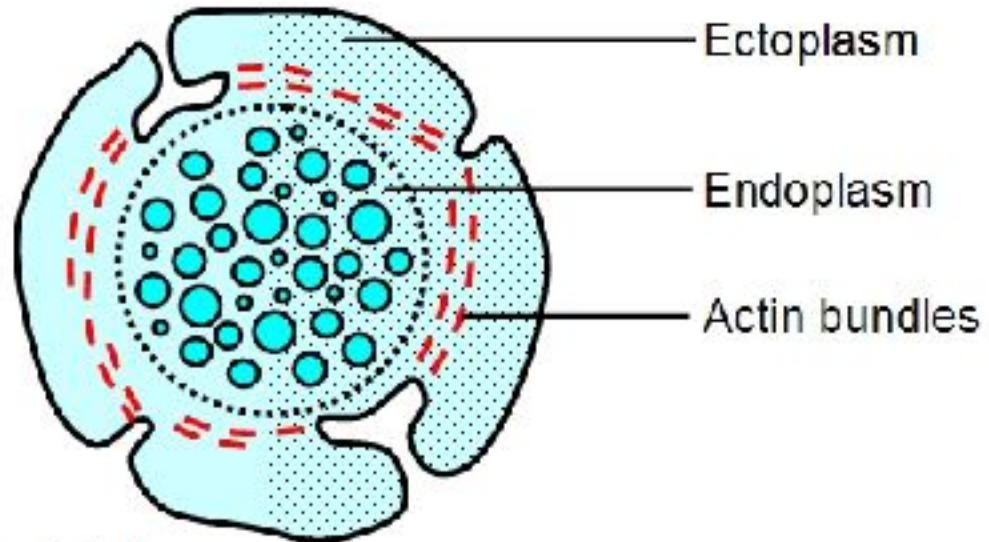
b

c

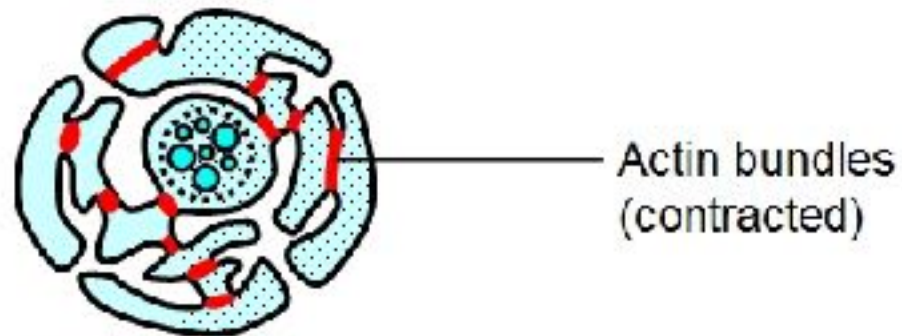
d



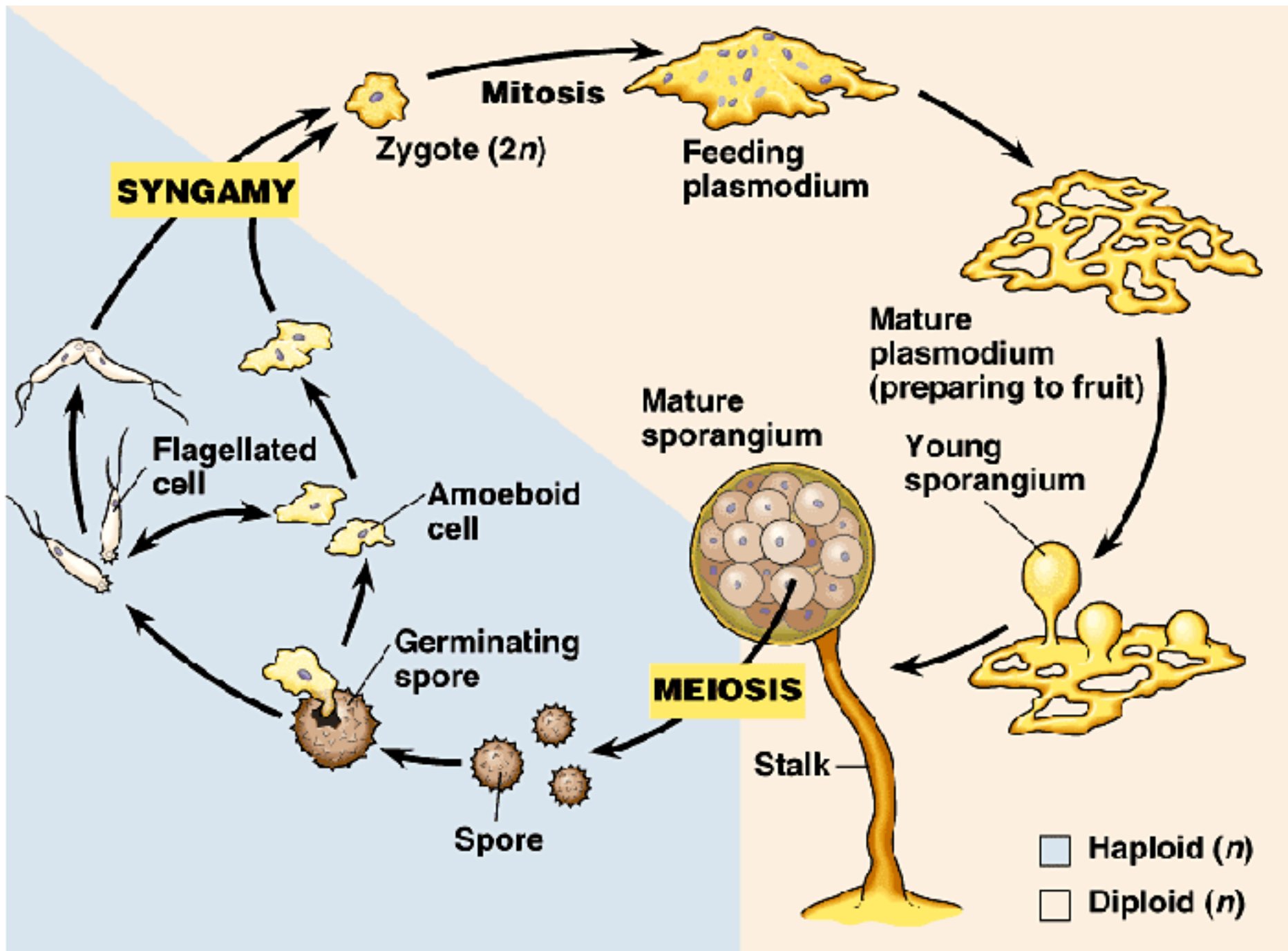
Plasmodial strand
(Cross-section)

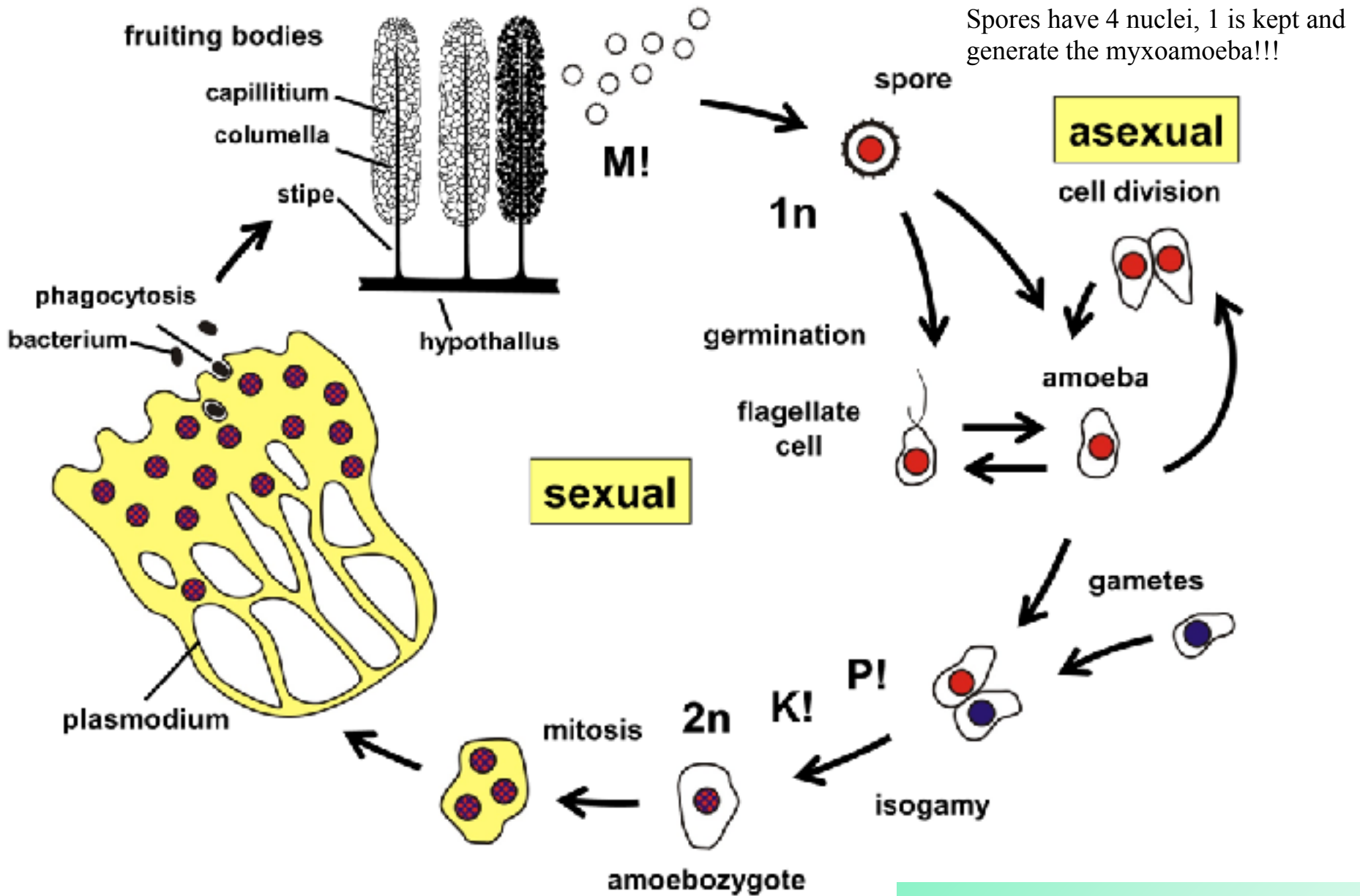


1. Relaxed state



2. Contracted state

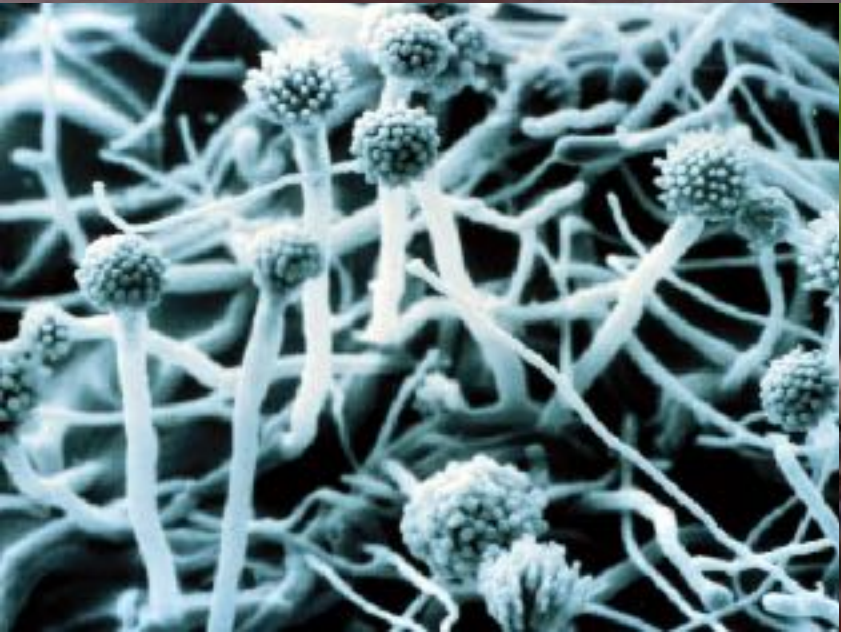




Mixomiceti: ciclo riproduttivo sessuale

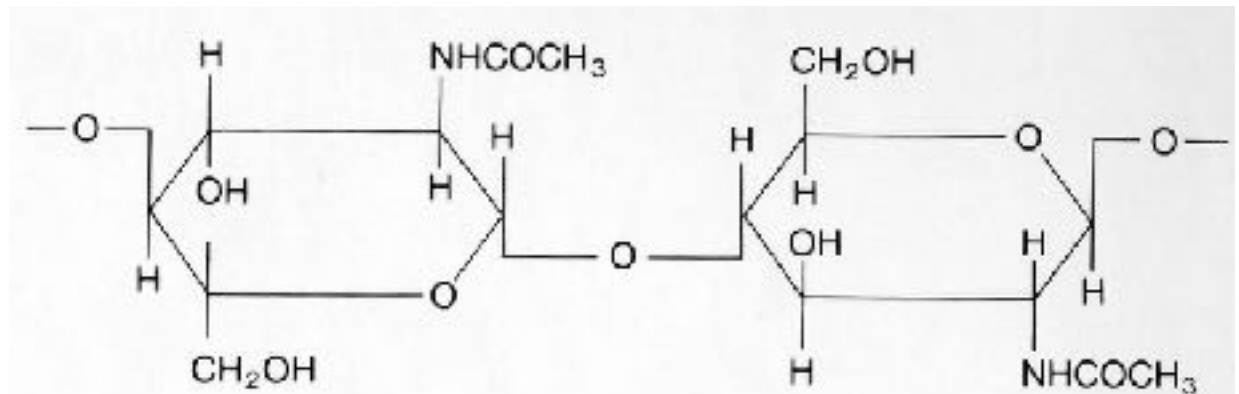
REGNO FUNGHI

(MICETI, MYCOTA)



Somiglianza con gli animali: le sostanze di riserva dei funghi sono i **lipidi** e il **glicogeno**, cioè il carboidrato di riserva tipico degli animali, mai l'amido caratteristico delle piante.

Somiglianza con le piante: presenza di una **parete rigida** formata da **chitina**, che differisce dalla parete cellulare delle piante per modalità di formazione e per componenti molecolari.



Chitin (α -1,4-linked *N*-acetyl-D-glucosamine)

Basic structure of chitin.





Soni attonici della ruggine *Xylosterium aureum* sulla foglia di una pianta di mora (San Mateo County, California).



ROQUEFORT
*L'aroma del Roquefort è dato dalla presenza del *Penicillium roqueforti*.*



PENICILLINA
*I funghi del genere *Penicillium* contengono una sostanza battericida, utilizzata negli antibiotici.*

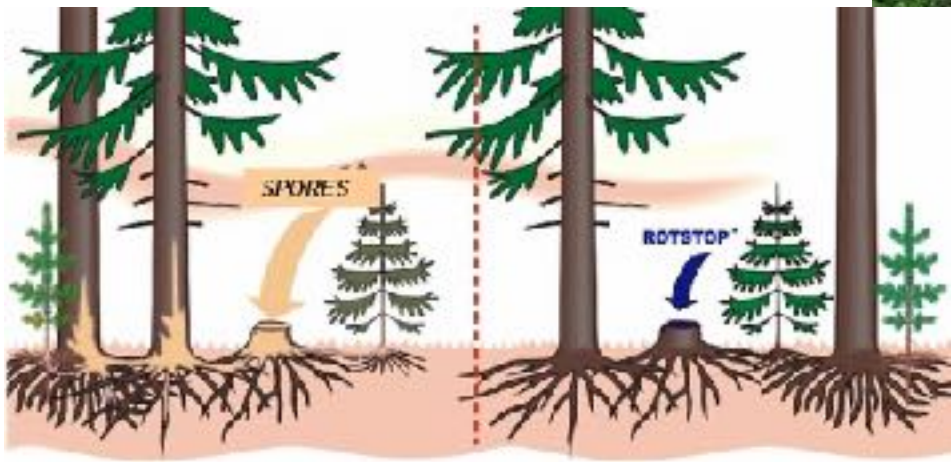
INSACCATI
*Gli insaccati vengono aromatizzati con *Penicillium nalgiovense*.*



PANE
*L'impasto del pane lievita per azione del *Saccharomyces*.*

BIRRA
*La birra viene prodotta ricorrendo a lieviti, come *Saccharomyces carlsbergensis*.*





1



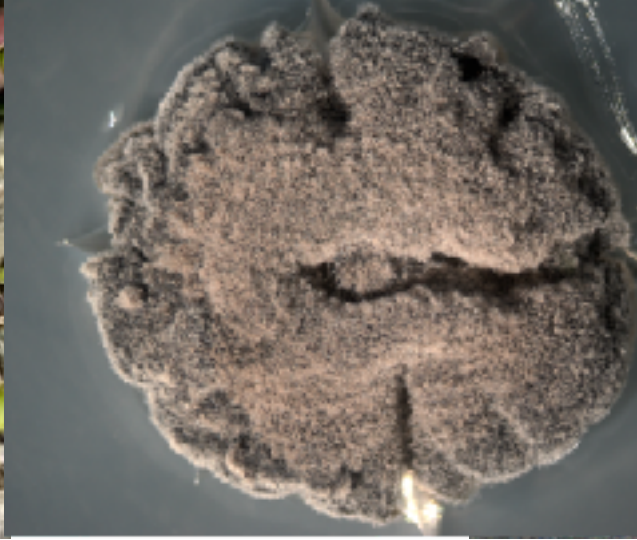
1. *Strobilurus esculentus*
2. *Rhytisma acerinum*
(tar spot)
3. *Fomes fomentarius*
(fungo dell' esca)

2



3





1. Funghi lichenizzati (in simbiosi con alghe verdi o cianobatteri)

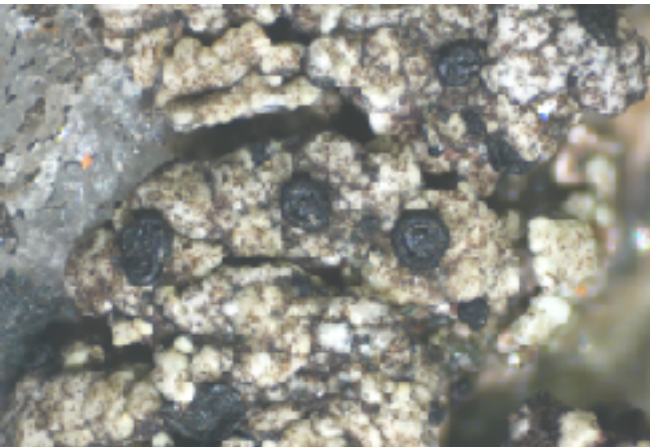
1. Funghi endofiti (in piante e licheni)

1. Funghi epi- ed endolitici (BF)

1. Funghi parassiti (di piante, funghi, licheni, insetti, animali)

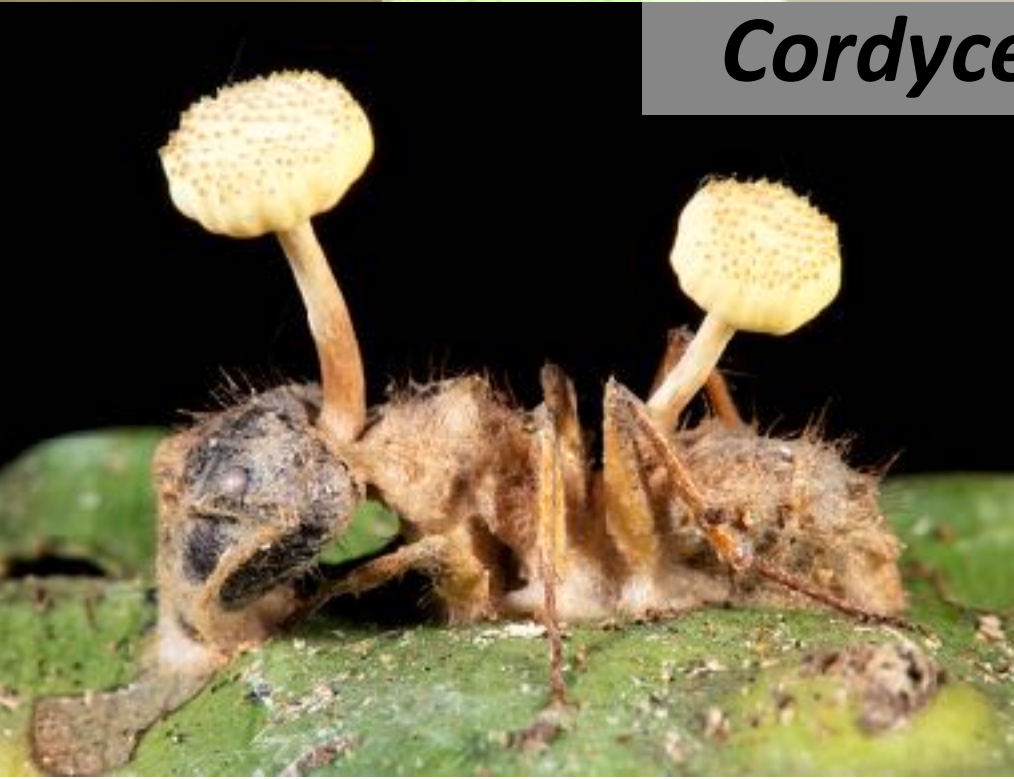


1. Funghi saprotrofi

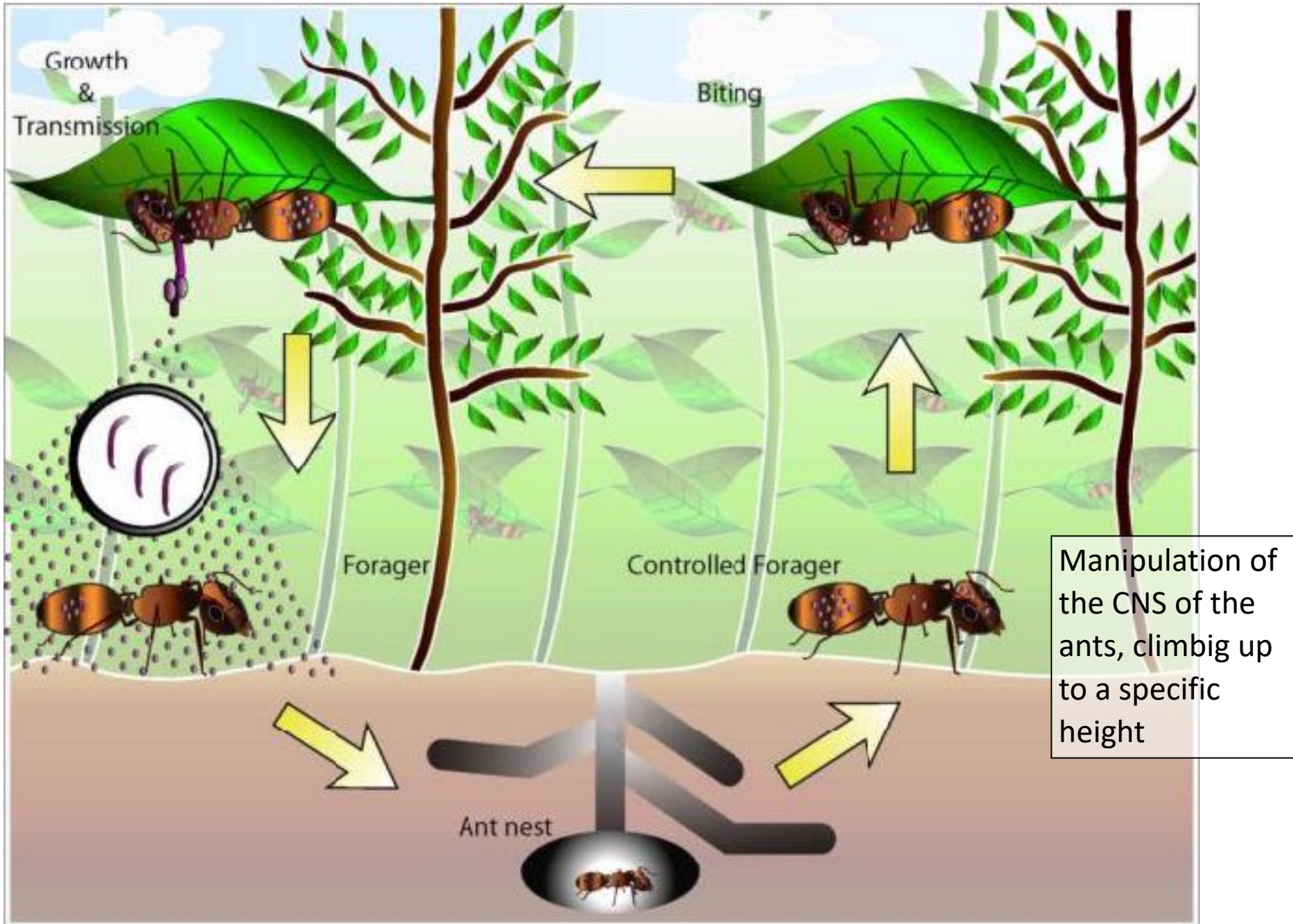




Cordyceps



Zombie ants



How to make a zombie ant

Ophiocordyceps unilateralis, a fungus found in the tropical rainforests of Thailand, survives by controlling carpenter ants.



1. INFECTION

A foraging carpenter ant walks through an area of the rainforest floor infested with microscopic spores dropped by a mature fungus. The spore excretes an enzyme that eats through the ant's exterior shell.



2. DEATH GRIP

After two days, the ant leaves its tree colony and climbs down to a spot where humidity and temperature are optimal for the fungus to grow. The ant crawls onto a stem or the underside of a leaf and bites into its main middle vein so it won't fall. Then it dies.



3. FUNGAL GROWTH

The fungus consumes the ant's internal organs, using its shell as a protective casing. The fungus' main stem, called a stroma, erupts from the back of the ant's head and grows

4. "KILLING ZONE"

The mature fungus releases spores from its stroma. The spores fall to the ground, creating a 10-square-foot "killing zone," which will attack new ants.





Cordyceps sinensis



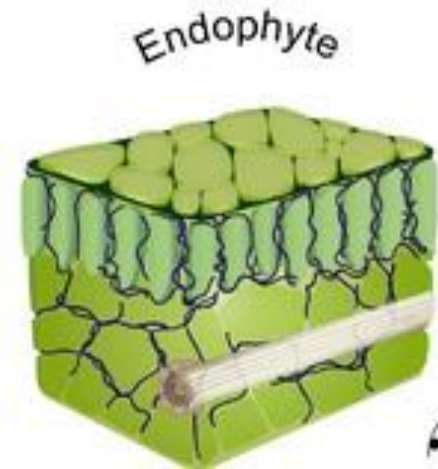
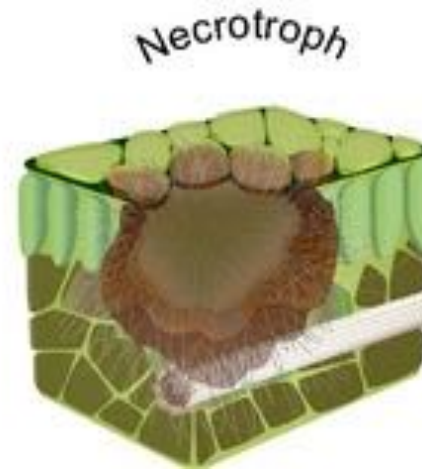
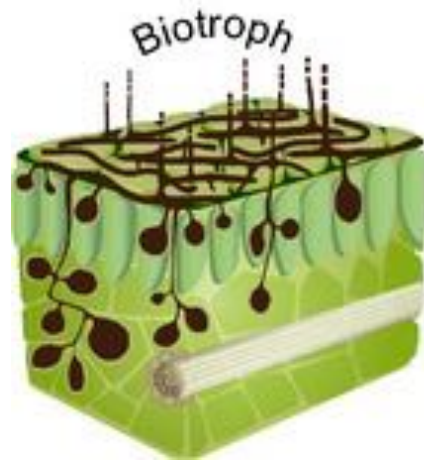
- Eucarioti: cellule con nucleo/i
- Eterotrofi: assorbono C organico, saprotrofi, parassiti, simbionti (licheni, micorrize → ecosistemi forestali)
- Demolitori, assieme ai batteri, di sostanza organica

SAPROFITISMO

NECROTROFISMO

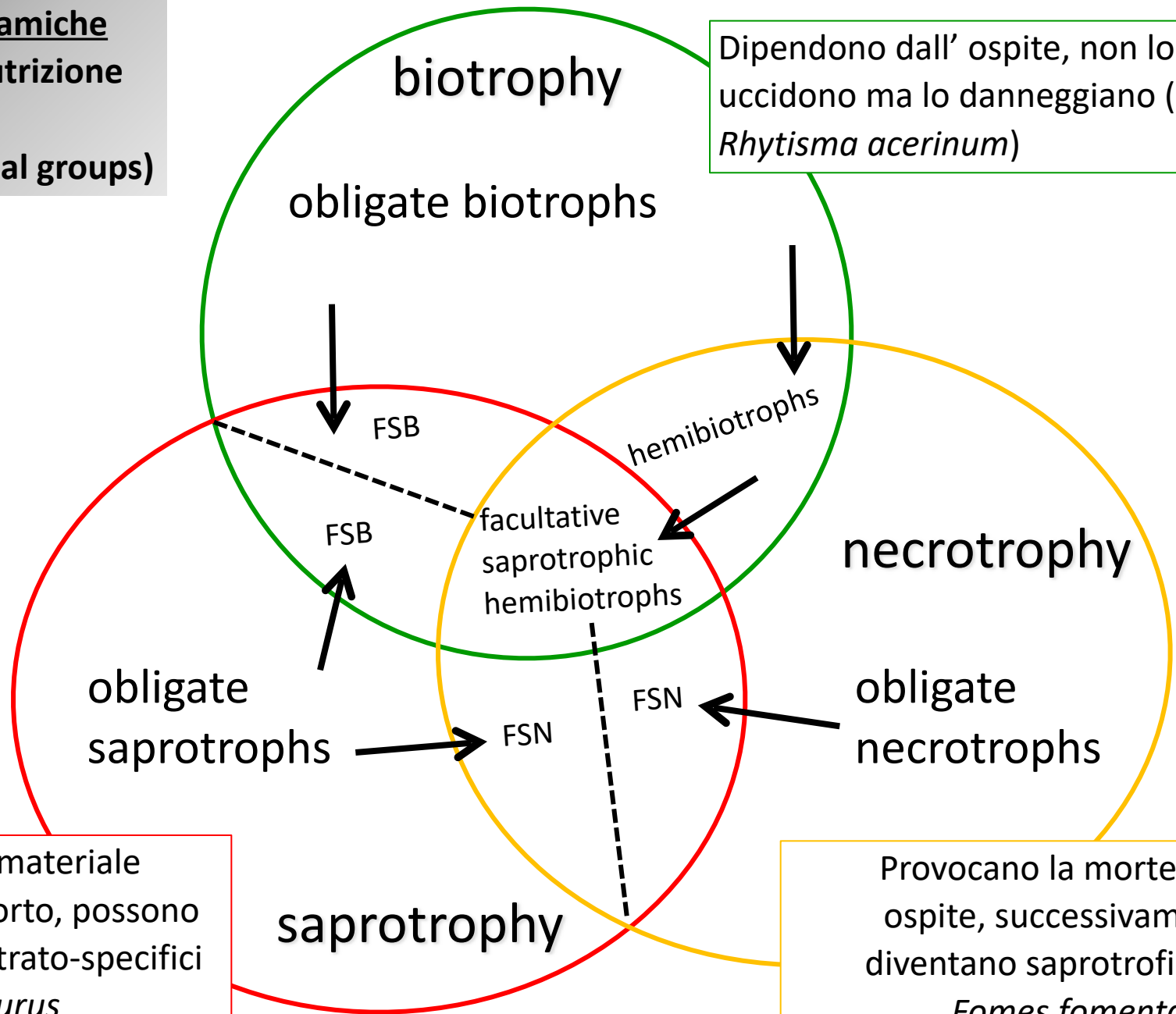
BIOTROFISMO

Life styles



- Endofiti
- Patogeni di animali (patogeni umani)
- Patogeni vegetali
- Rock inhabiting fungi (RIF)
- Funghi simbionti

**Relazioni dinamiche
tra i tipi di nutrizione
dei funghi
(econutritional groups)**

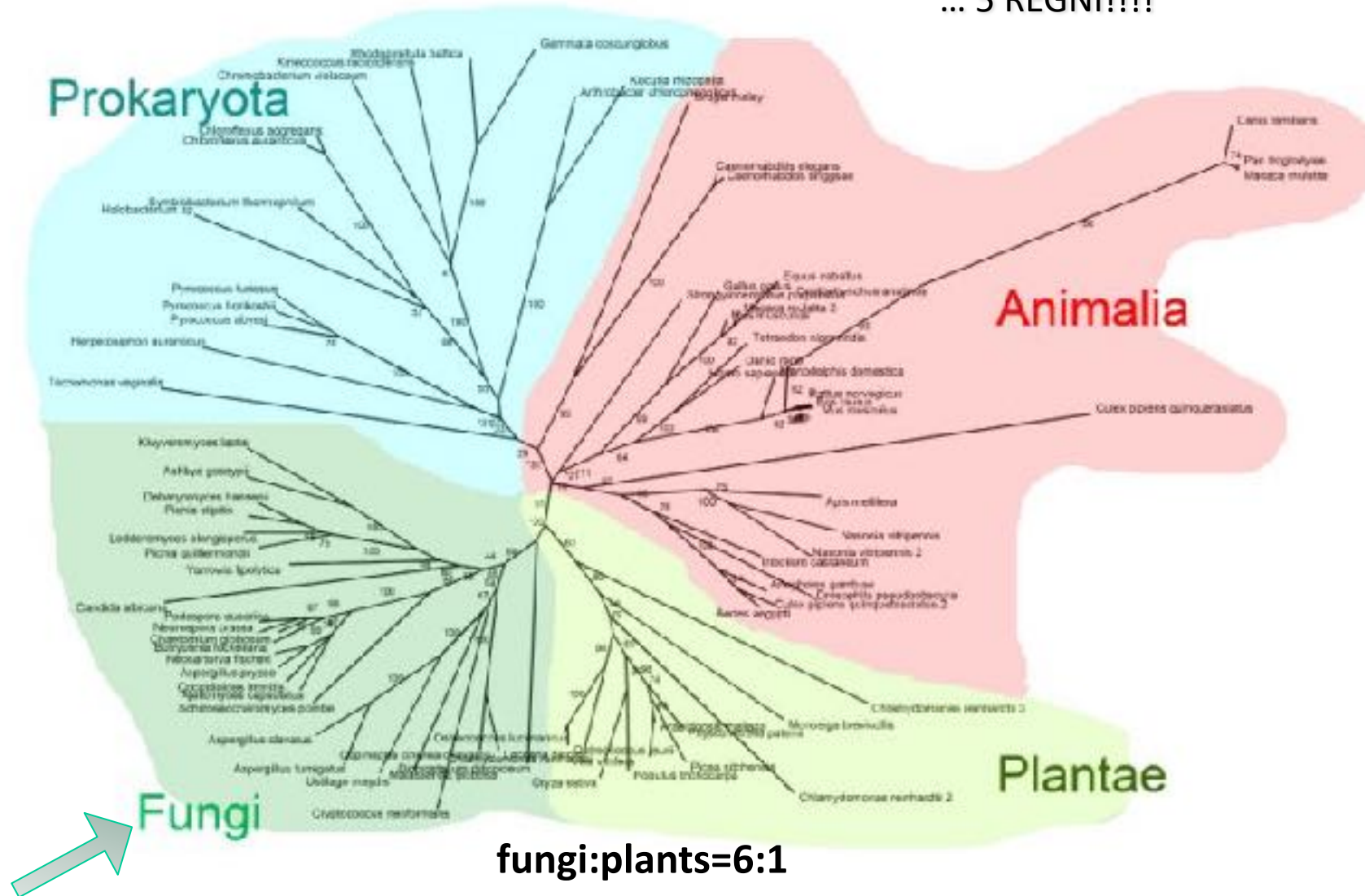


Dipendono dall'ospite, non lo uccidono ma lo danneggiano (e.g. *Rhytisma acerinum*)

Degradano materiale organico morto, possono essere substrato-specifici (e.g. *Strobilurus esculentus*)

Provocano la morte dell'ospite, successivamente diventano saprotrofi (e.g. *Fomes fomentarius*, *Armillaria*)

... 5 REGNI!!!!



Eumicota: gruppo monofiletico, il più ricco di species, estimated **1-1.5 million species** [Hawksworth & Rossmann (1997), *Phytopathology*; Blakwell (2011) *Am.J.Bot.*; Tedersoo et al. (2014) *Science*;

- Fungal phylogeny

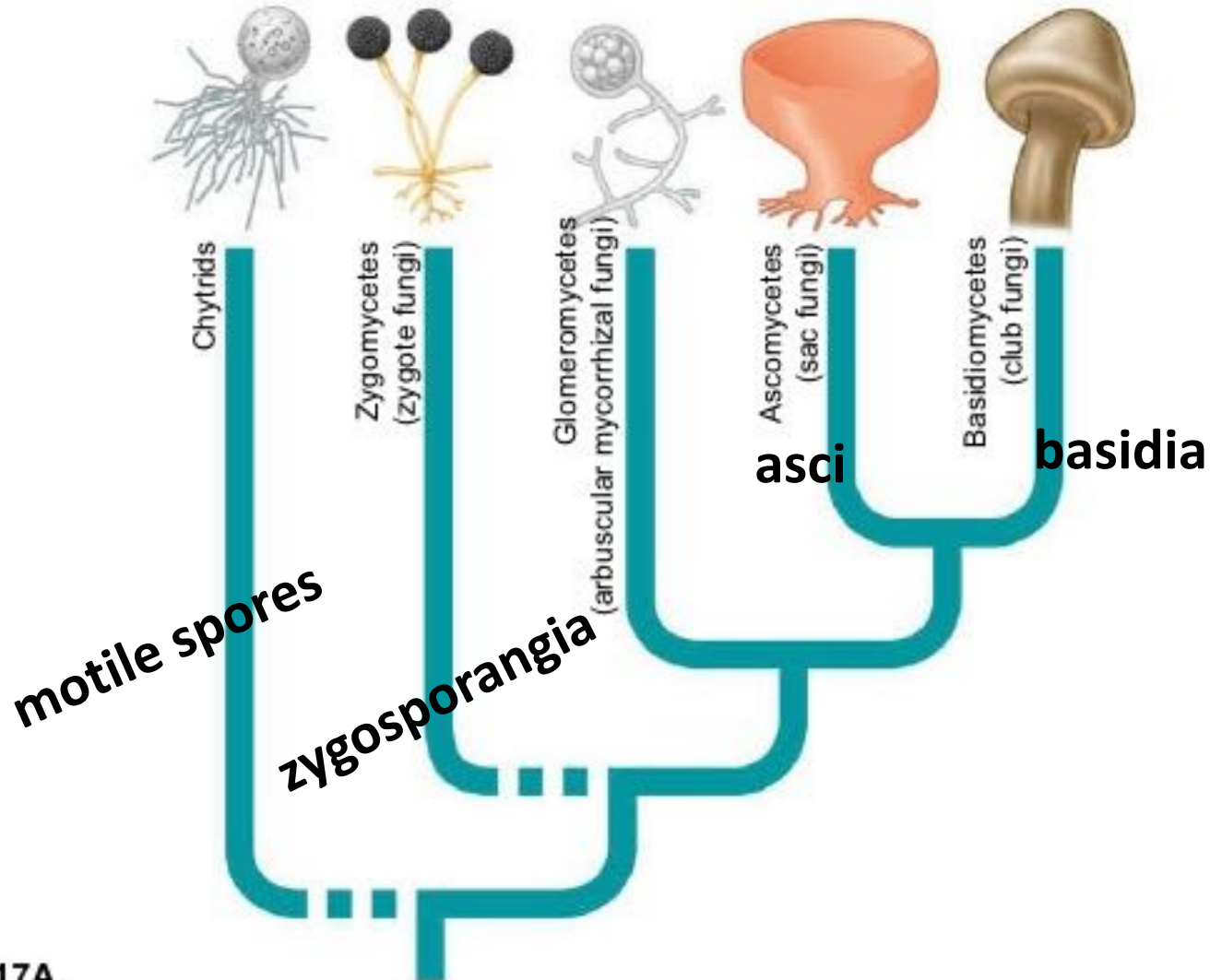


Figure 17.17A

The Kingdom FUNGI:

Systematic organization based on genome sequencing into **6 phyla** (James et al. 2020):

Ascomycota, Basidiomycota (Dikarya); Mucoromycota, Zoopagomycota, Blastocladiomycota, Chytridiomycota

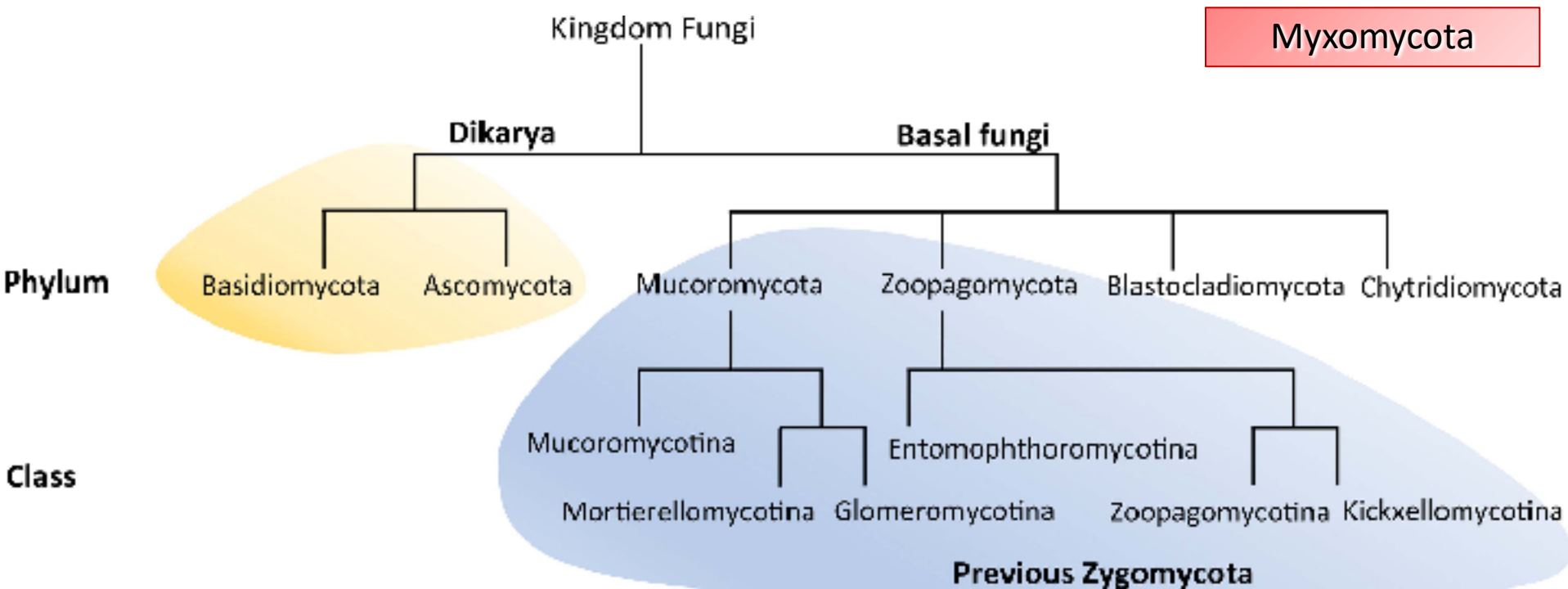


FIGURE 1 A map of the fungal kingdom. The previous phylum Zygomycota is split

Chytridiomycota



flagellate cell

Blastocladiomycota



flagellate cell

„Zygomycota“



zygospore with suspensors

Glomeromycota



endomycorrhizal fungi

Ascomycota



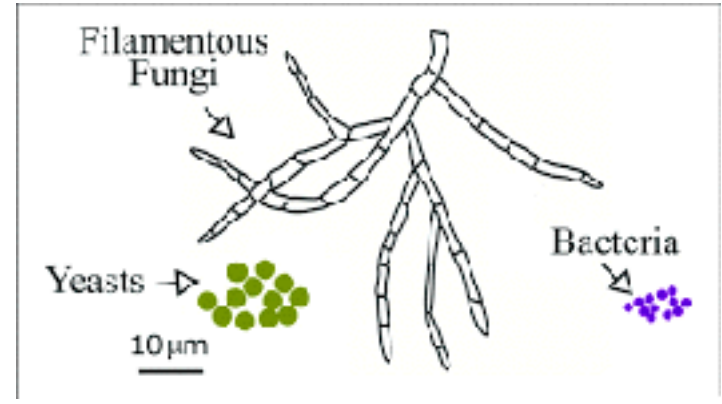
ascus with
ascospores

Basidiomycota



basidium with
basidiospores

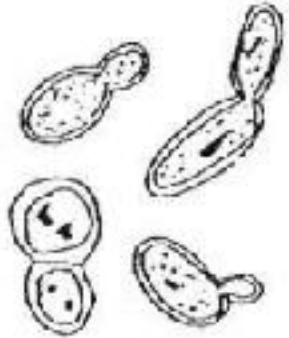
YEASTS vs. FILAMENTOUS FUNGI



Thallus

Yeast-like

Blastospore

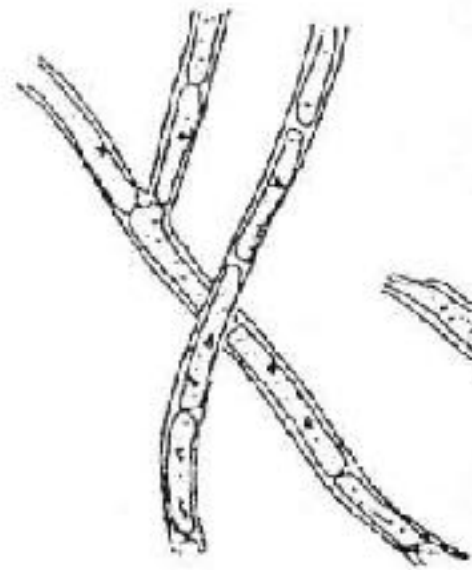


Pseudomycelium

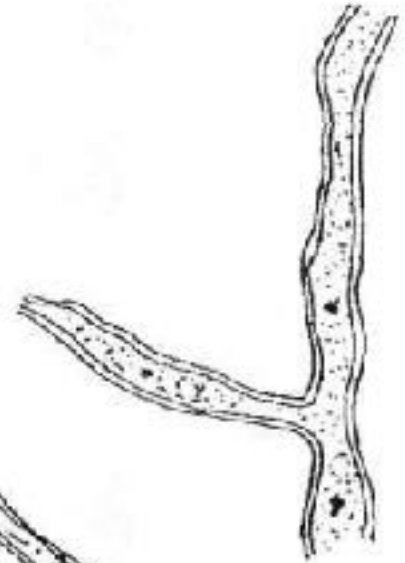


Filamentous

With septa



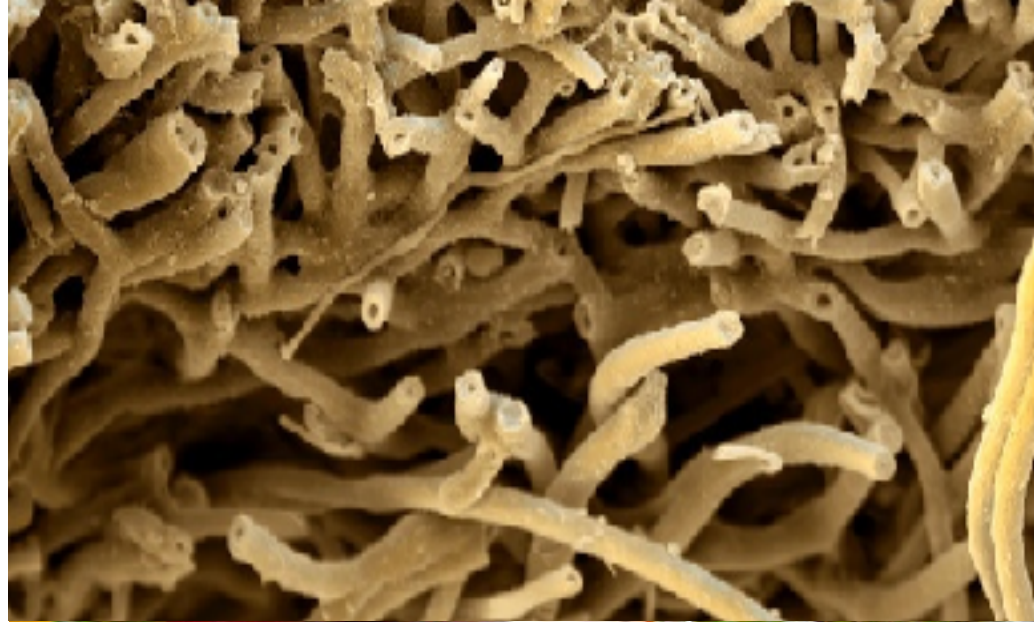
Without septa



Organizzazioni del micelio

organizzazione filamentosa ad ife formati un micelio

INTRECCI IFALI



SCLEROZIO: forme durature del micelio capaci di sopravvivere per lungo tempo, forma sferica, aggregato di ife avvolte; nei myxomiceti è il plasmodio indurito e modificato

Origine da:

- ife (miceliogenica),
- spore asessuali (sporogenica),
- differenziamento del corpo fruttifero (carpogenica)

Fasi di sviluppo:

- aggregazione delle ife,
- ramificazione delle ife ed aumento in dimensione,
- maturazione: rivestimento esterno, disidratazione delle ife, accumulo di sostanze di riserva, pigmenti

Sclerozio di *Claviceps purpurea* (segale cornuta, ergot): con alcaloidi (ergotossina) → emostatico, abortivo, emmenagogo → industria farmaceutica



- La pianta non ha difese.
- Infezione fortemente “direzionale” (verso l’ ovario, no ramificazioni; → entra il tessuto conduttore, si ramifica, produce conidi, secreti all’ esterno dalla pianta con un succo zuccherino che attrae gli insetti → dispersione; produzione di sclerozia)

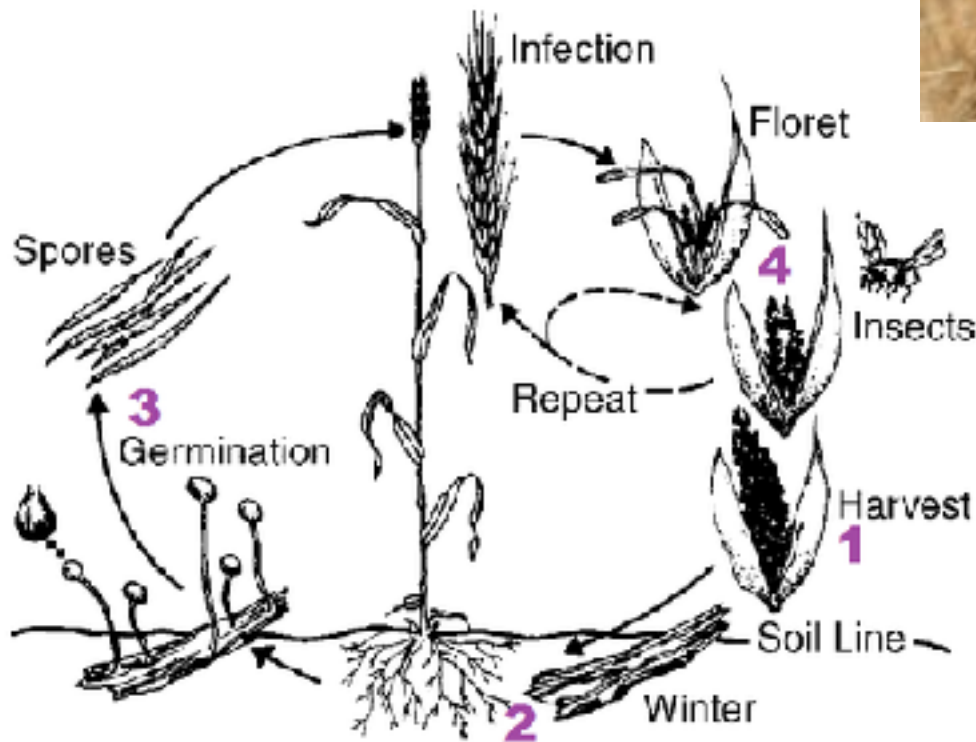


Figure 4. Disease cycle of ergot.

- **Specificità** per l’ organo della pianta che infetta (ovario).
- **Biotrofico.**
- **Organismo modello**

RIZOMORFE: cordoncini compatti e spessi, più o meno lunghi di ife fittamente intrecciate, con funzione di ancoraggio e prelievo del nutrimento (syn. rizoidi, cordoni miceliari)

Sviluppo apicale delle cellule delle ife
indotto da carenza di azoto amminico



SINNEMI: (syn. coremi) fasci di ife conidiofore portanti all' apice cellule conidiogene che danno origine ai conidi → riproduzione agamica.

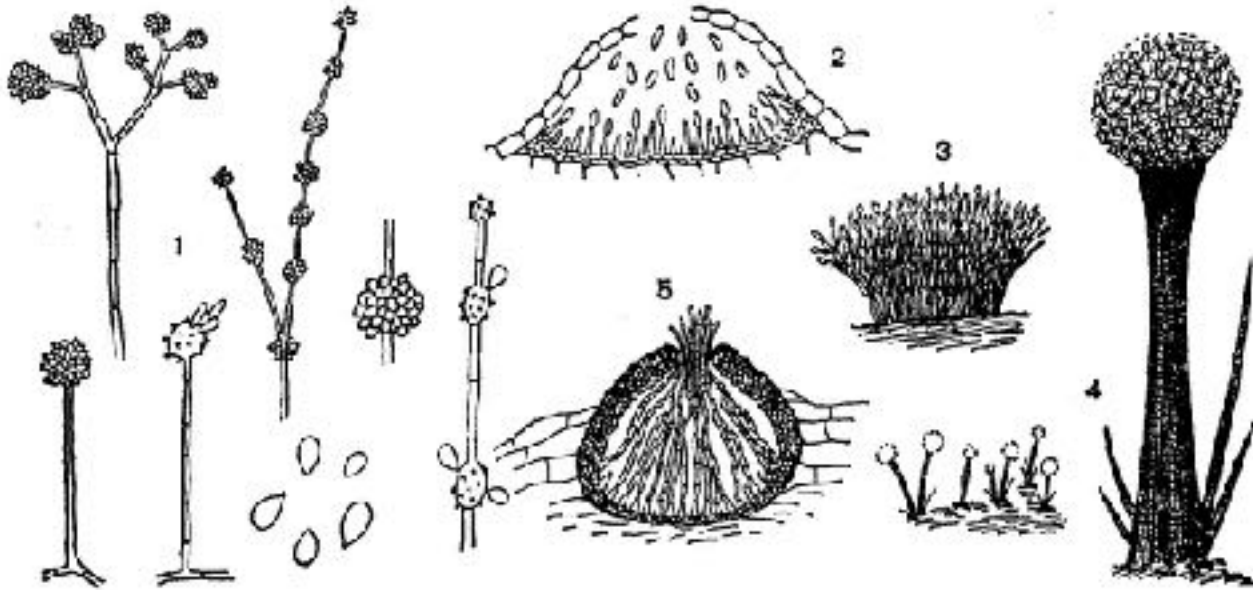
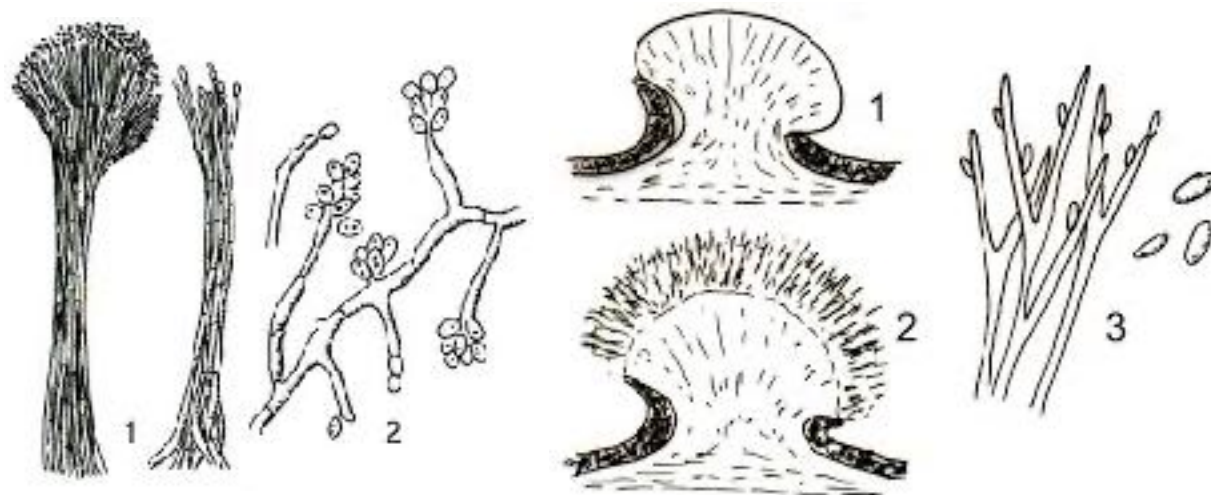
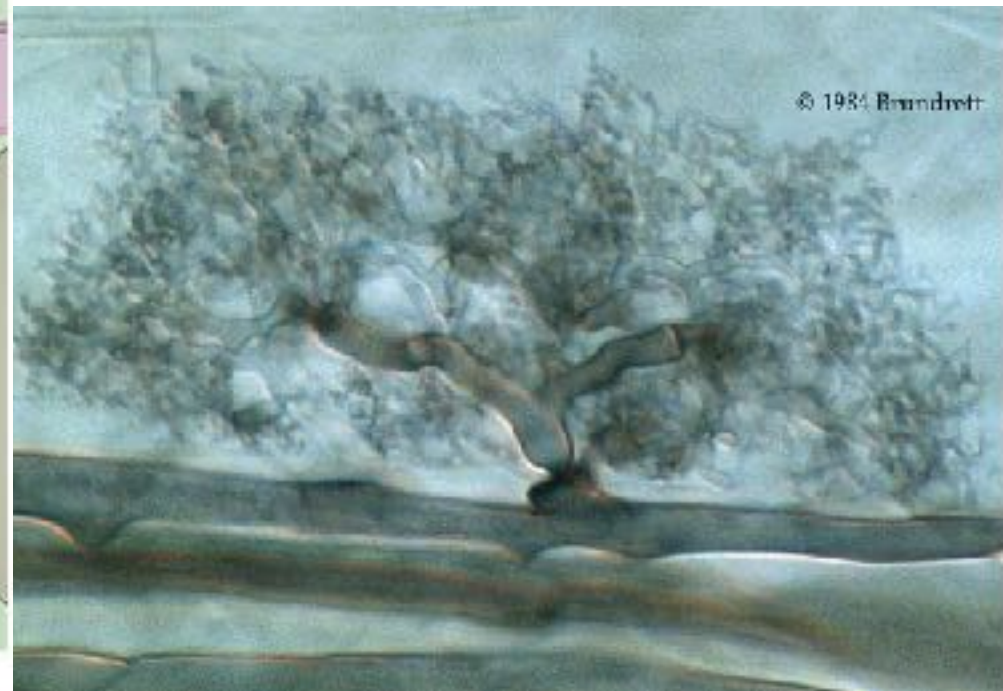
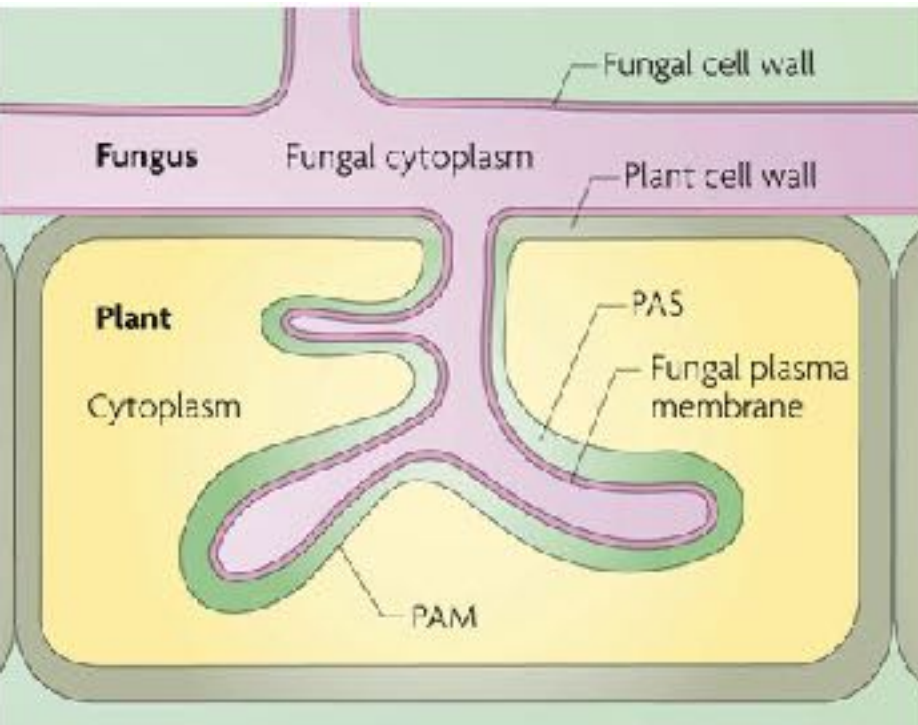


Рис. 22Е. Типы агрегации конидиеносцев лейтеромитиев:
 1 — шаровые конидиеносцы; 2 — головка; 3 — шаровидный; 4 — колосовый; 5 — головка.

e.g. *Ophiostoma ulmi*



AUSTORI: ife prodotte per entrare in contatto con tessuti dell'organismo ospite, in micorrize e licheni; inducono modificazioni di parete cellulare e plasmalemma; aumentano la superficie di contatto → aumento assorbimento C-organico



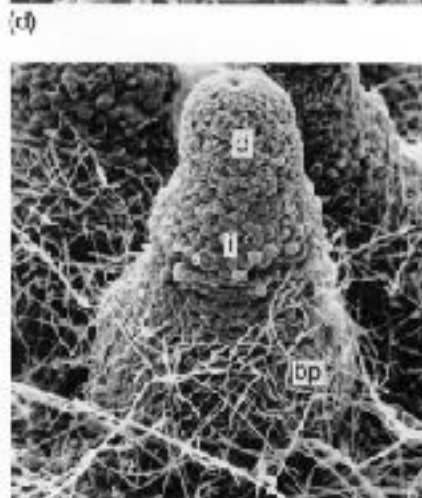
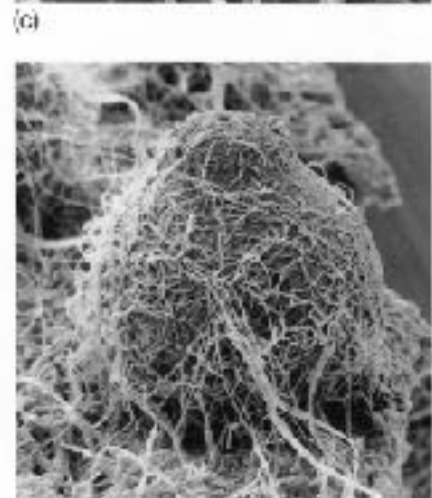
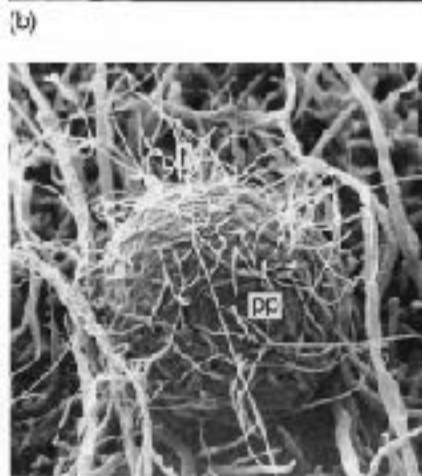
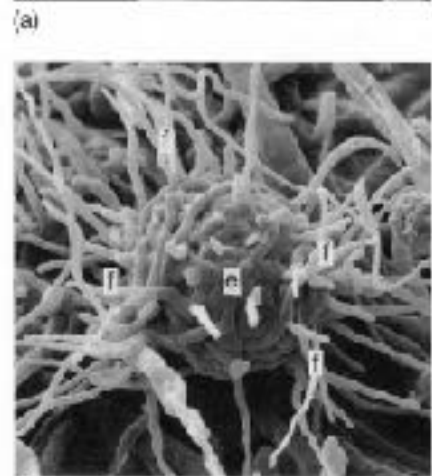
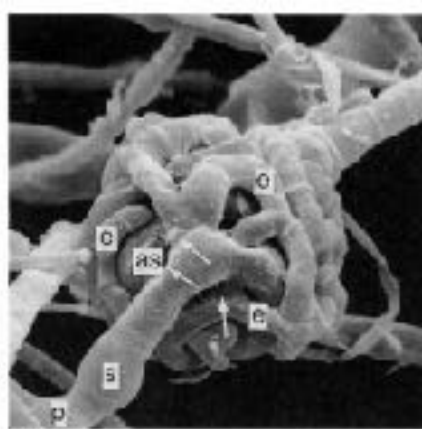
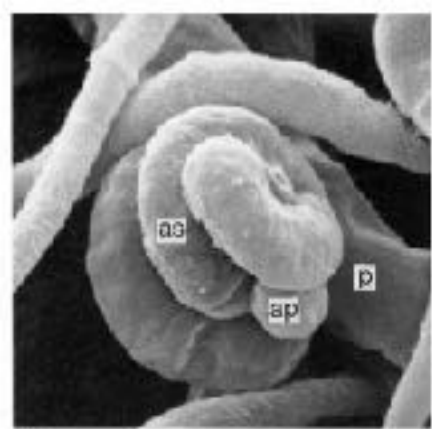


...i cerchi delle streghe...

Zona marginale in accrescimento del micelio, con formazione delle strutture riproduttive = carpofori = funghi



Scanning electron micrographs of different stages during perithecium development in *Sordaria humana*. (a) Ascogonial coil [as] with a tapering apex [ap] which has curled upon itself, with parent hypha [p]; (b) enveloping hyphae [e] surrounding the ascogonial coil. These have arisen from the swollen coil base [s] and extracellular material is visible [arrowed]; (c) protoperithecium with interwoven enveloping hyphae and fringe hyphae [f]; (d) old protoperithecium [pp]; (e) young ostiolate perithecium; (f) mature perithecium with basal peridium [bp], inflated neck peridial cells [i] and distorted neck peridial cells [d] [from Read, N.D., 1983, © National Research Council of Canada].



CARPOFORI

Anamorph vs. teleomorph



forma asessuata, produzione di mitospore (conidia); ifomiceti, celomiceti → anamorphic fungi/ funghi mitosporici



Forma sessuata, produzione di meiospore (asco- o basidiospore); ascomyceti, basidiomyceti.

anamorph + teleomorph = **olomorph**





<A CORNA
L'imenio ricopre la maggior parte della superficie. Spore disperse attivamente.



A CORALLO ▷
L'imenio ricopre la maggior parte della superficie. Spore disperse attivamente.



GLOBOSI ▷
L'imenio si forma internamente o in formazioni a fiasco. Spore disperse attivamente o passivamente.



**<A PERA
O A PESTELLO**
L'imenio si forma internamente. Spore disperse passivamente, spesso dalla pioggia.



**Δ A COPPA
O A DISCO**
L'imenio ricopre la parte interna o superiore. Spore disperse attivamente.



**A COPPA
CONTENENTI "UOVA" Δ**
Le "uova" racchiudono un imenio. L'intero "uovo" viene disperso dalla pioggia.



<A TROMBA
L'imenio è posto sulla superficie esterna, fisso o corrugato. Spore disperse attivamente.



A STELLA ▷
L'imenio si forma all'interno di una struttura che poi scoppia. Spore disperse dalla pioggia o dagli insetti.



A GABBIA ▷
L'imenio è racchiuso all'interno di una struttura che si apre a formare una specie di reticolato. Spore disperse dagli insetti.

A ORECCHIO ▷
L'imenio è posto sulla superficie dei lobi. Spore disperse attivamente.



**LOBATI
E GELATINOSI ▷**
L'imenio è posto sulla superficie dei lobi. Spore disperse attivamente.



Il carpoforo può avere morfologia ed anatomia molto complessa.

In genere i carpofori sono effimeri, ma esistono anche forme perennanti (e.g. *Focus fomentarius*).



SPORE E DISPERSIONE DELLE SPORE





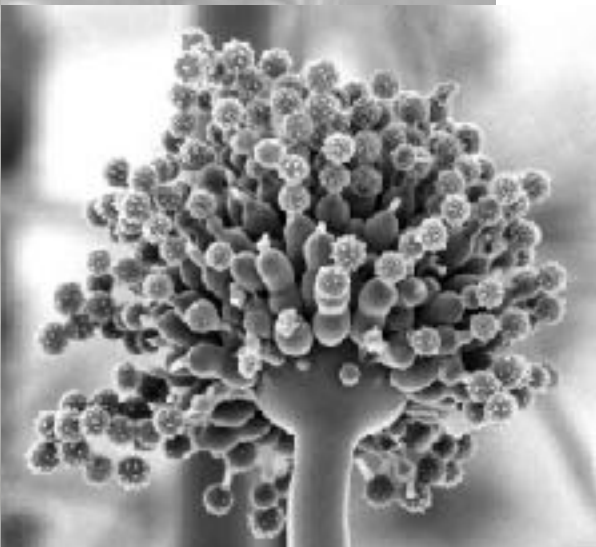
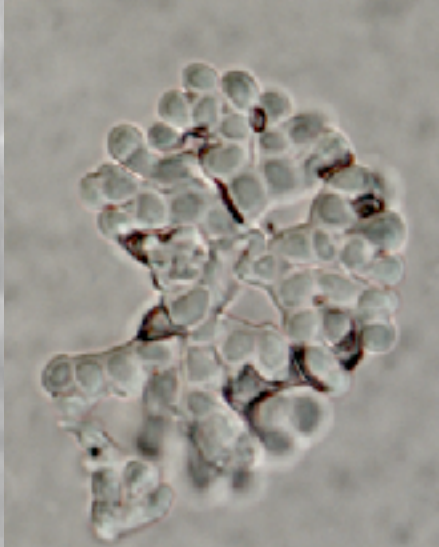
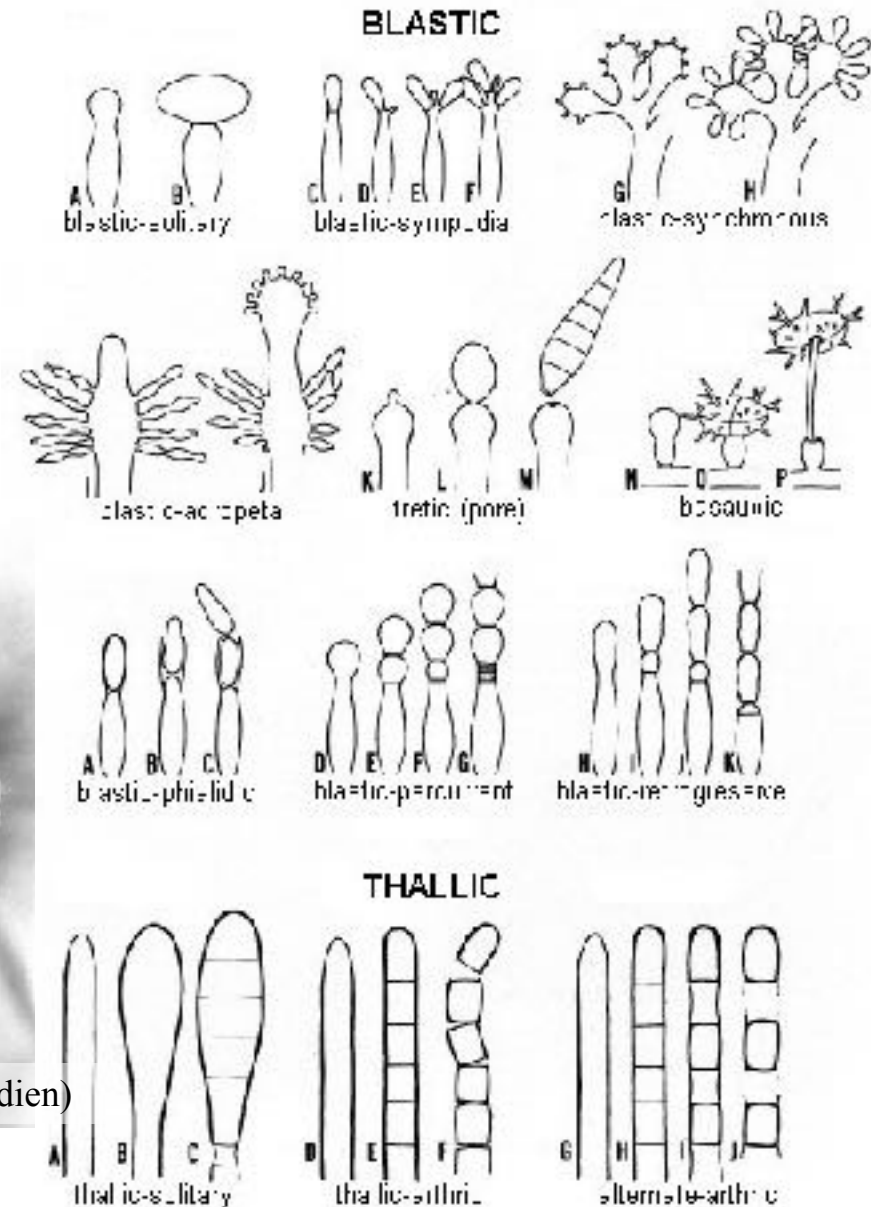
I carpofori possono produrre un numero incredibile di meiospore: ***Agaricus bisporus***, il comune prataiolo, produce fino a 40 milioni di meiospore all'ora per due giorni, mentre una singola vescia di grandi dimensioni (***Vescia gigantea***) può produrre 7000 miliardi di meiospore.



Riproduzione a sessuata: conidiospore

Forma, dimensione, colore, ontogenia (tallica, oblastica, eteroblastica, fialidica)

Ifomiceti - Celomiceti



Cheiromycina flabelliformis

Aspergillus niger (phialidische Konidien)

La produzione di **mitospore** (**CONIDIOSPORE**) è molto frequente

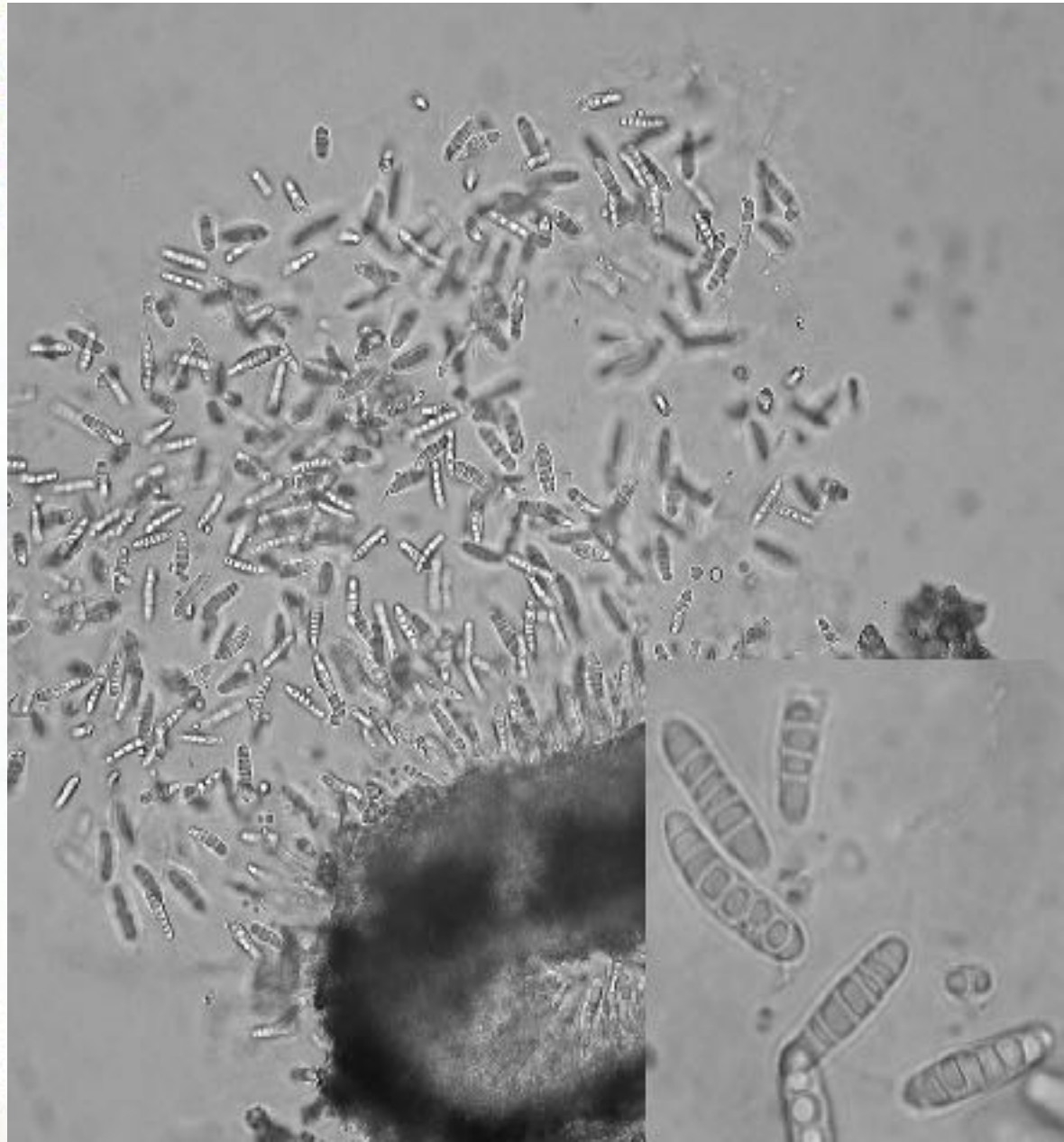


(a)



(b)

Cellule conidogene e conidiofori – le ife specializzate che portano i conidi – dei deuteromiceti sono usati nella loro classificazione. (a) *Penicillium* (conidiofori ramificati) e (b) *Aspergillus* (conidiofori strettamente raggruppati che si formano dalla sommità dei conidiofori). Si notano le lunghe catene di piccoli conidi sacchi.





Penicillium & *Aspergillus*

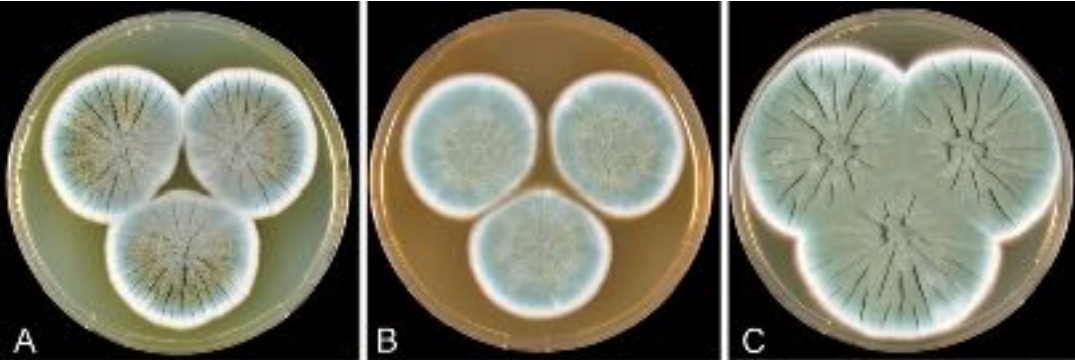


(a)

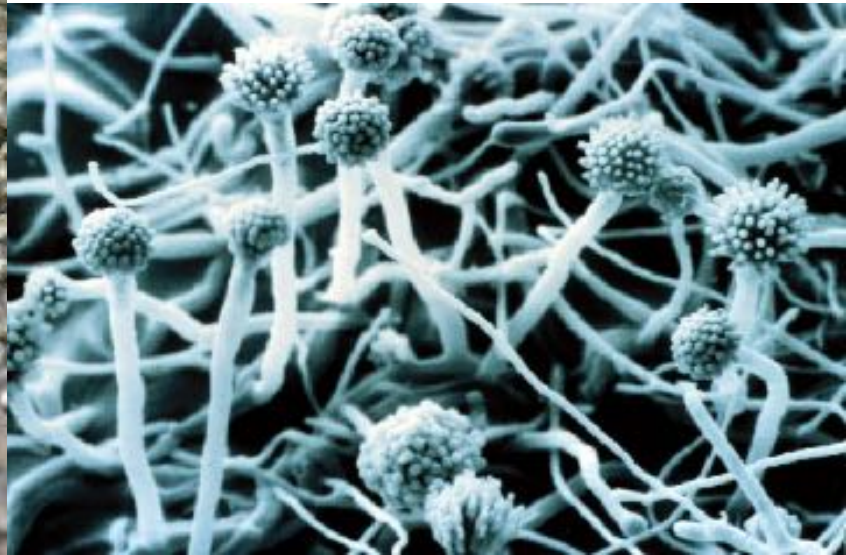
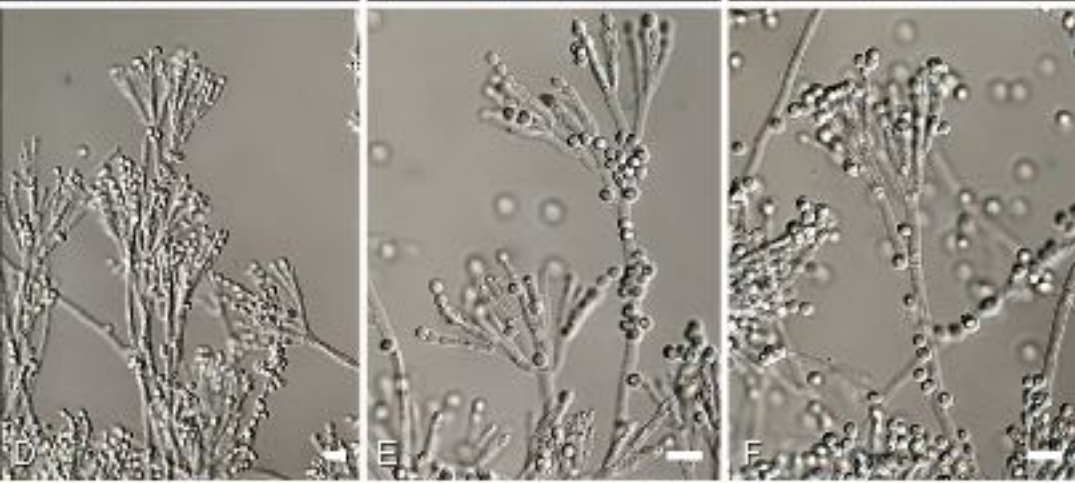


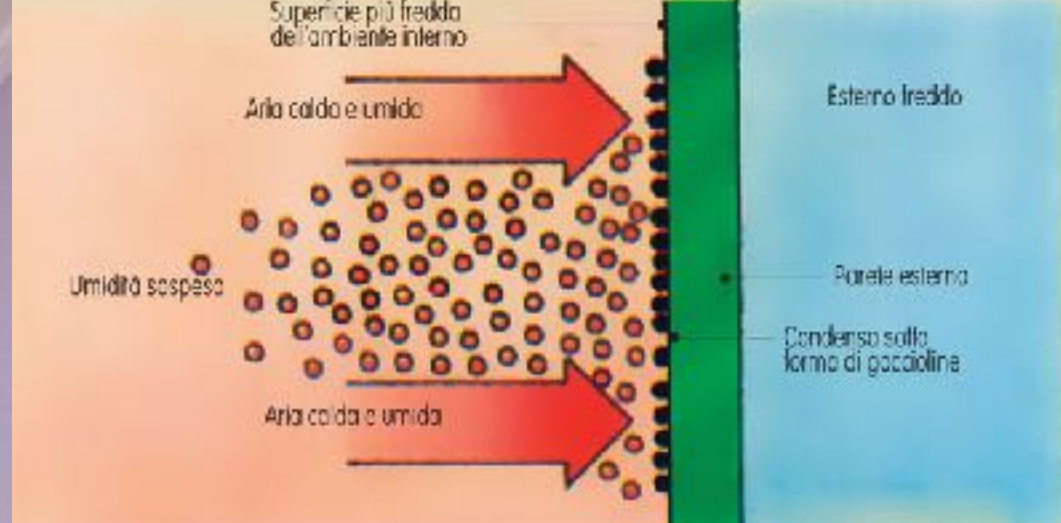
(b)

Penicillium e *Aspergillus* – due tra i più comuni generi di deuteromiceti. (a) Una coltura di *Penicillium notatum*, il fungo che produce la penicillina, in cui sono visibili i colori caratteristici che appaiono durante lo sviluppo delle spore. (b) Una coltura di *Aspergillus fumigatus*, un fungo che causa malattie respiratorie nell'uomo. Si noti il tipo di crescita ad anelli concentrici, dovuto a successive «ondate» di produzione di spore.



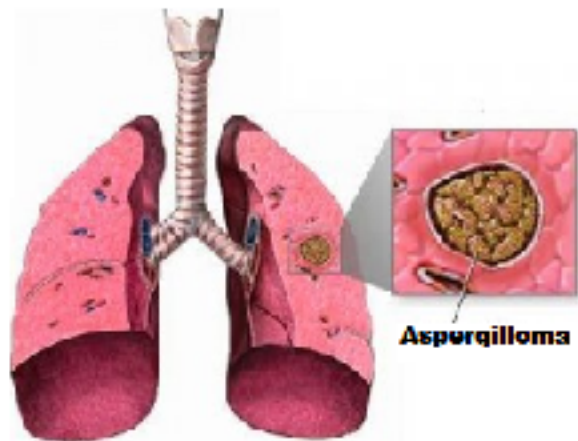
***Penicillium rubens* CBS
205.57** (Fleming's original
penicillin-producer)





Umidità 90-100% → sviluppo del micelio





Aspergilloma

Questa funge può causare reazioni allergiche nei soggetti asmatici, colonizzazioni nel tessuto cicatriziale, infezioni invasive con polmonite che può colpire cuore, polmoni, cervello e reni



L'Aspergillosi Invasiva può presentarsi come un'infezione che attinge il cuore, i polmoni, i reni, e il cervello attraverso il flusso sanguigno



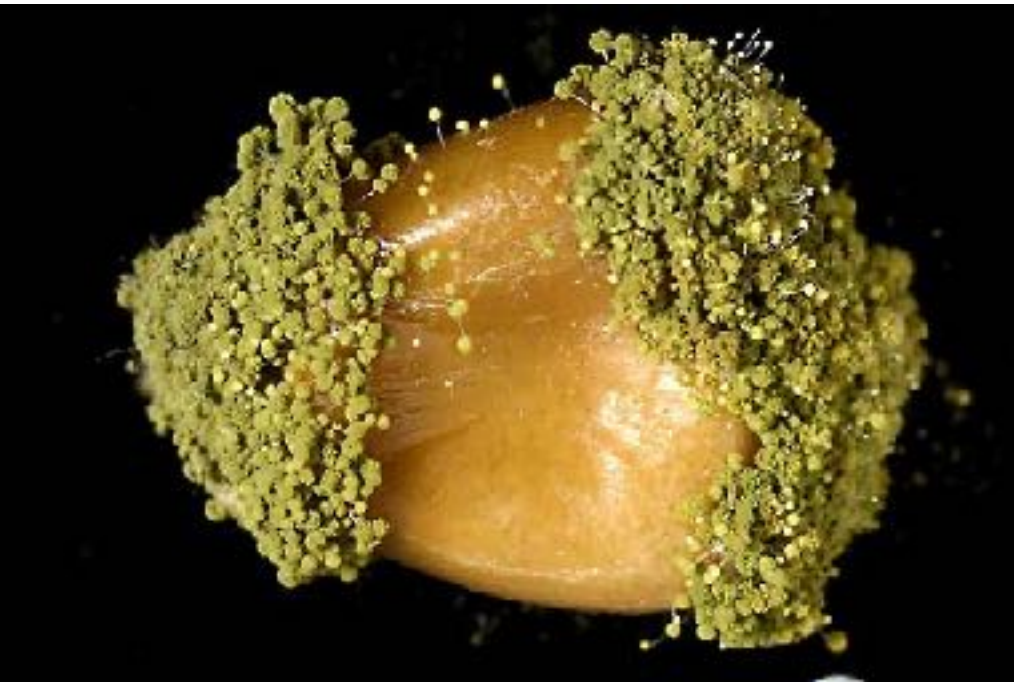


Tessuto alterato da macchie dovute ad un attacco fungino

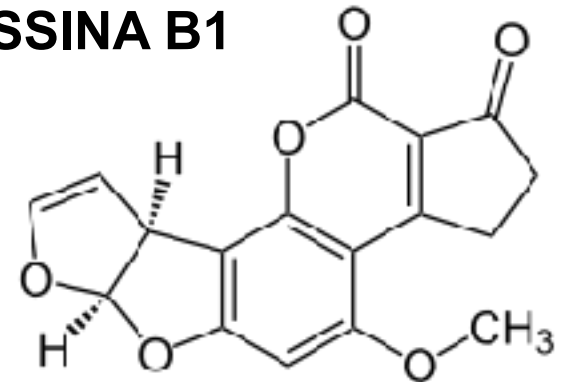


Le **aflatossine** sono **micotossine** prodotte da specie del genere *Aspergillus* oppure da altre «muffe». Le aflatossine sono altamente tossiche e sono ritenute tra le sostanze cancerogene più attive.

Il nome deriva da quello di *Aspergillus flavus*, responsabile della prima epidemia da micotossine documentata, riscontrata nel **1961**.



AFLATOSSINA B1



Le aflatossine B₂, G₁, G₂ indurrebbero mutazioni nel DNA a causa della formazione a livello epatico di una forma epossidica, un intermedio metabolico che forma legami covalenti con la catena del DNA.



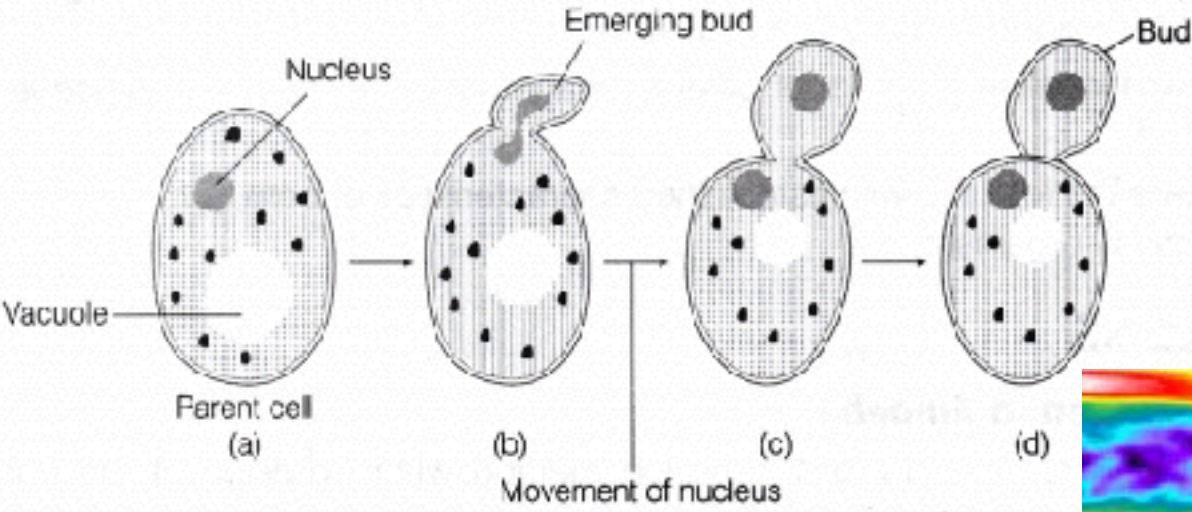
I tacchini sono estremamente suscettibili alle aflatossine, a causa di due enzimi epatici, di cui uno molto efficiente (citocromo p450, responsabile della trasformazione nella forma attiva) e l'altro poco efficiente (quello di detossificazione, glutazione S-transferasi).

Contaminazione di derrate alimentari, come granaglie (cereali, legumi, semi oleosi), frutta secca, spezie (e alla *Cannabis!* – *Botrytis*, *Peronospora*, *Fusarium*), thé (!), al latte (← contaminazione della dieta alimentare delle mucche).

La *United States Food and Drug Administration* (FDA) ha stabilito un limite massimo nei cibi di 20-300 ppb.

Una dieta ricca di Apiaceae (carote, sedano, prezzemolo, finocchio) può ridurre l'effetto carcinogeno delle aflatossine.



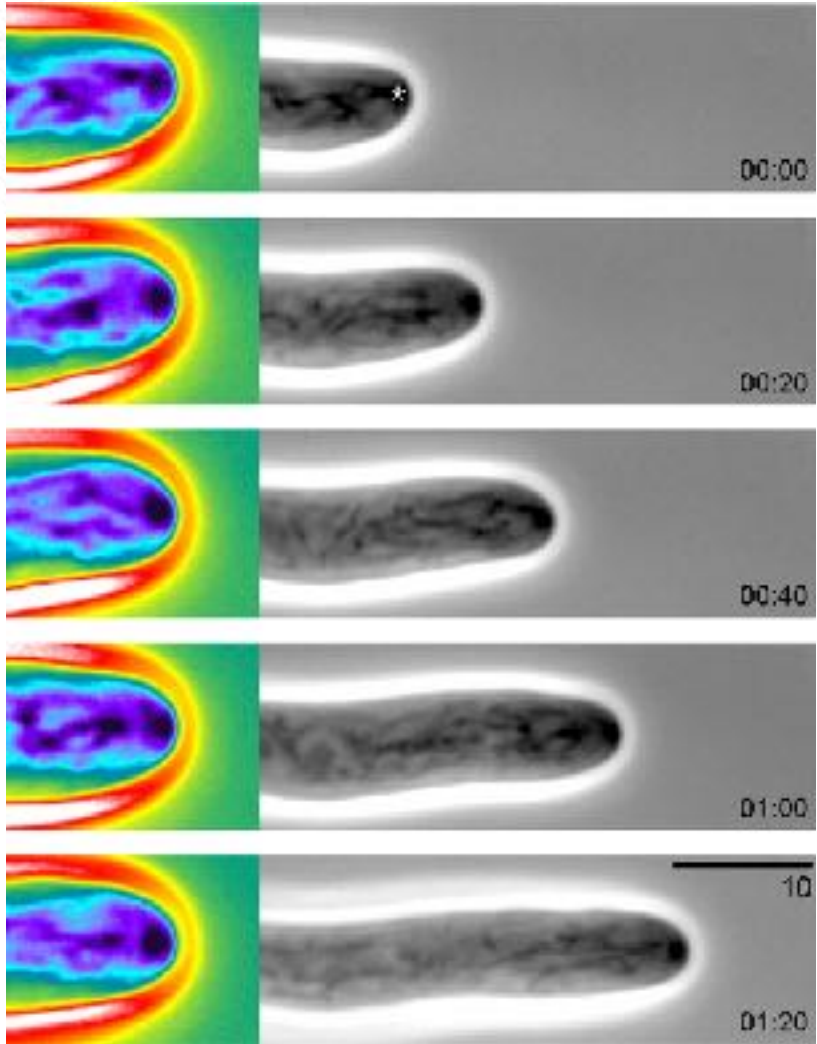


← **Budding in lieviti**

Hyphal growth – crescita del micelio

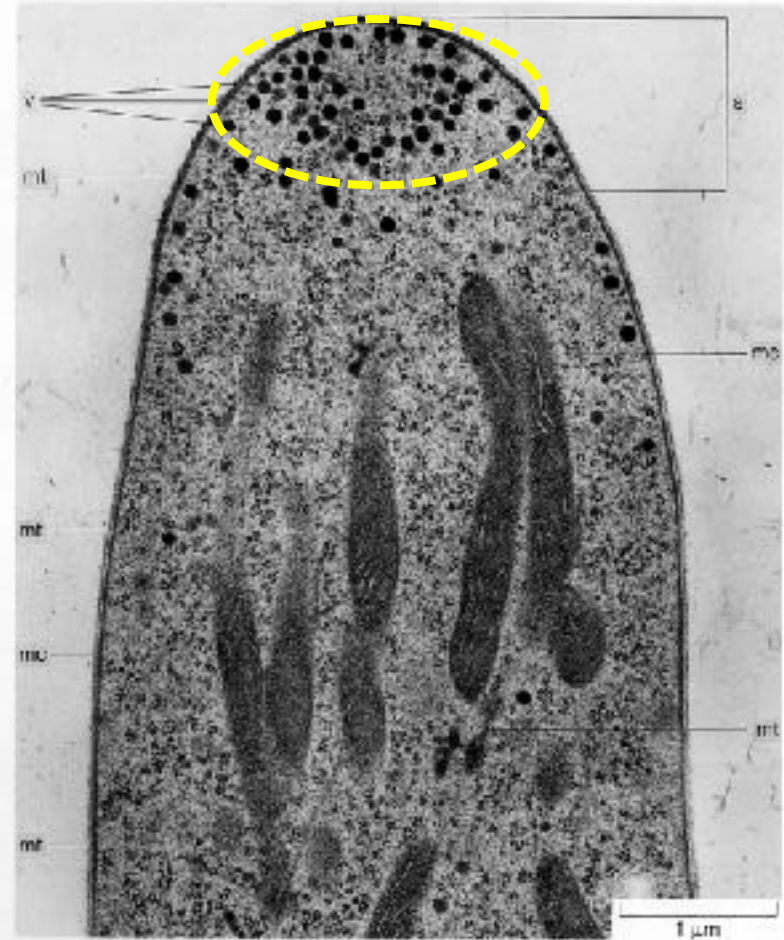
Crescita apicale dell'ifa (**hyphal tip growth**) in funghi filamentosi →

Morfogenesi → crescita polarizzata



Creazione e mantenimento della polarità ← → morfologia dell' ifa
← → setti e pori tra cellule

- Sviluppo di un sito di crescita
- Mantenimento assiale della crescita/ allungamento
- Trasporto + esocitosi di enzimi, proteine, componenti di parete grazie ai motori molecolari del citoscheletro
- Turgore (soluti verso l' interno)
- **EARLY ENDOSOME** = organizzatore spaziale della ifa in crescita (sintesi di proteine, trasmette segnali durante le prime fasi di infezione), bidirezionale!
- **Spitzenkörper** = "polarizzante" della ifa in crescita, alla punta, centro di microtubuli verso cui le vescicole esocitotiche si muovono.



Median section through the hyphal tip of *Fusarium acuminatum*. The Spitzenkörper region (s) with large numbers of vesicles (v) lies within a region of microfilaments at the tip. Below it there is a longitudinal arrangement of mitochondria (mc) and microtubules (mt). (from Howard & Aist, 1980, *Journal of Cell Biology*, 57, © Rockefeller University Press)

Apical compartments

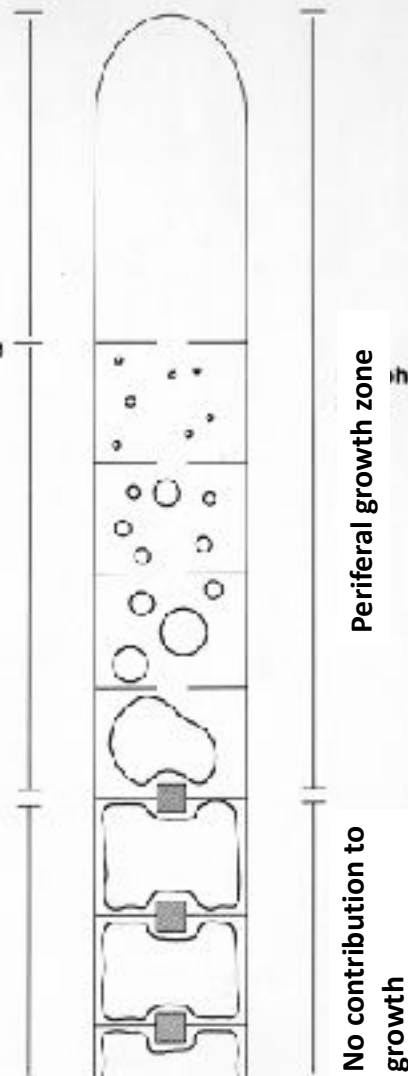
- Extension
- Secondary wall formation
- Wall maturation
- Septum formation

Communicating compartments

- Syntheses of nuclei and mitochondria
- Increasing vacuolar volume
- Septal pores unplugged

Isolated compartments

- Differentiation
- Secondary metabolism
- Septal pores plugged



Peripheral growth zone

No contribution to growth

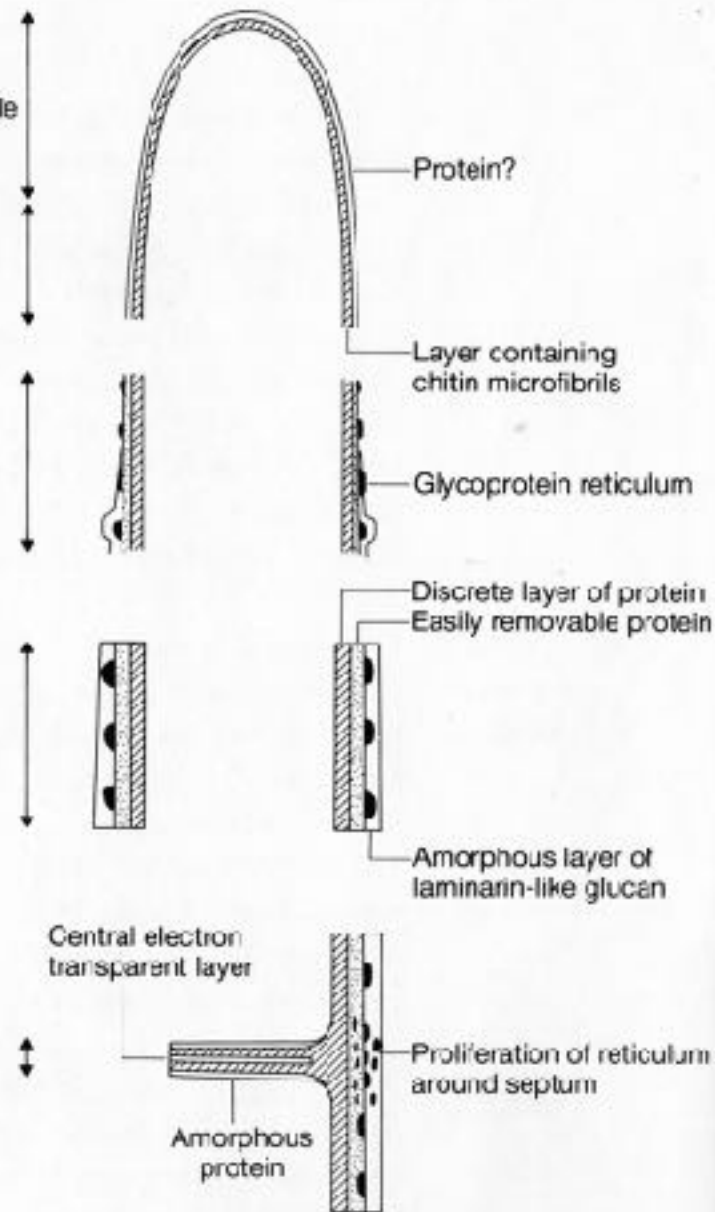
Extension zone of primary wall. Wall becomes progressively less extensible with distance from tip. Wall thickness c. 50 nm

Rigidified zone. Wall thickness c. 50 nm

Secondary wall formation zone. Wall increases in thickness with distance from tip

Mature wall zone. Wall thickness c. 125 nm

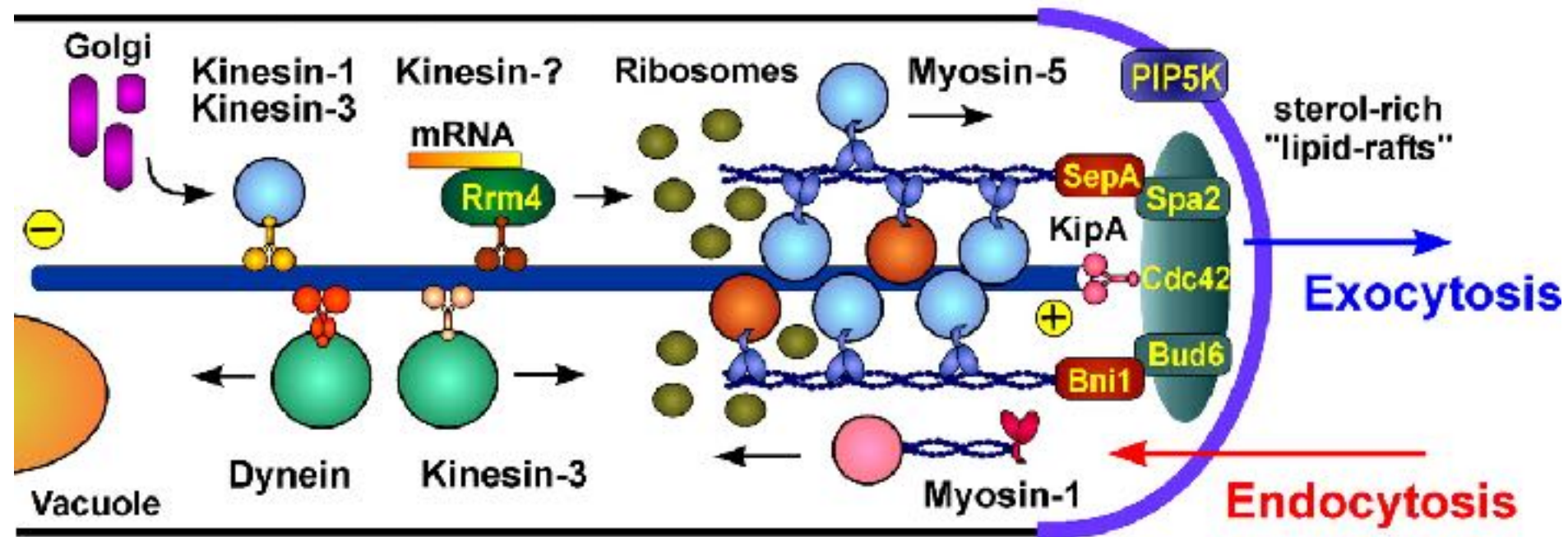
Gross wall formation zone



Diagrammatic representation of the various hyphal compartments contributing to hyphal function.

Cell wall zonation in the apical compartment of a hypha of *Neurospora crassa* (after Hunsley & Gooday, 1974, © Springer-Verlag, Trinci & Collinge, 1975, Hunsley & Kay, 1976, © Society for General Microbiology, Trinci, 1978, by permission of Oxford University Press).

Spitzenkörper Polarisome



Turgor pressure



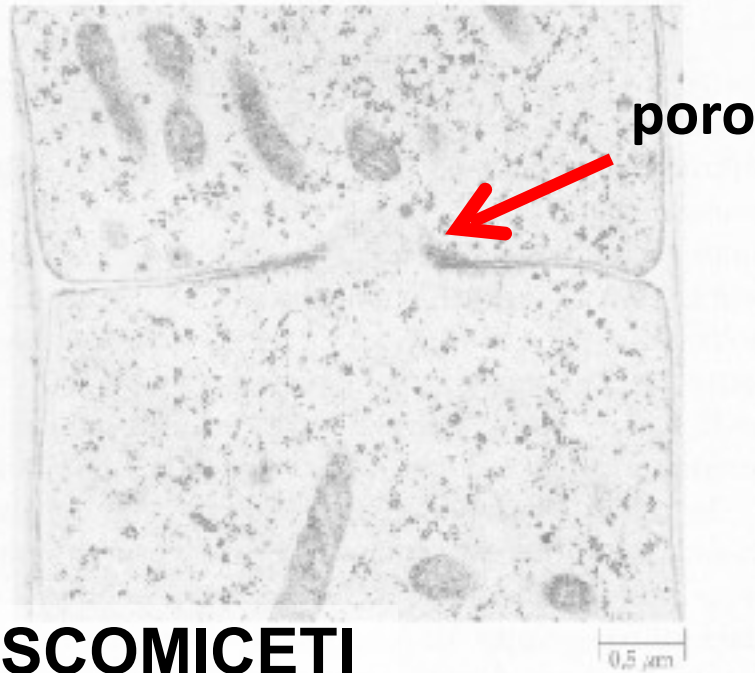
Cytoskeleton-based forces



- | | | | |
|----------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Early endosome | Endocytic vesicle | Secretory vesicle | Recycling vesicle |
| Microtubule | F-actin | MT orientation | Polarisome |
| Formin | Formin | Formin | Formin |
| Golgi | RNA-binding protein | Ribosome | Kinesin-1 |
| Myosin-5 | Myosin-1 | Dynein | Kinesin-3 |
| Myosin-1 | Dynein | Kinesin-3 | Kinesin-7 |
| Dynein | Kinesin-3 | Kinesin-7 | Kinesin (?) |

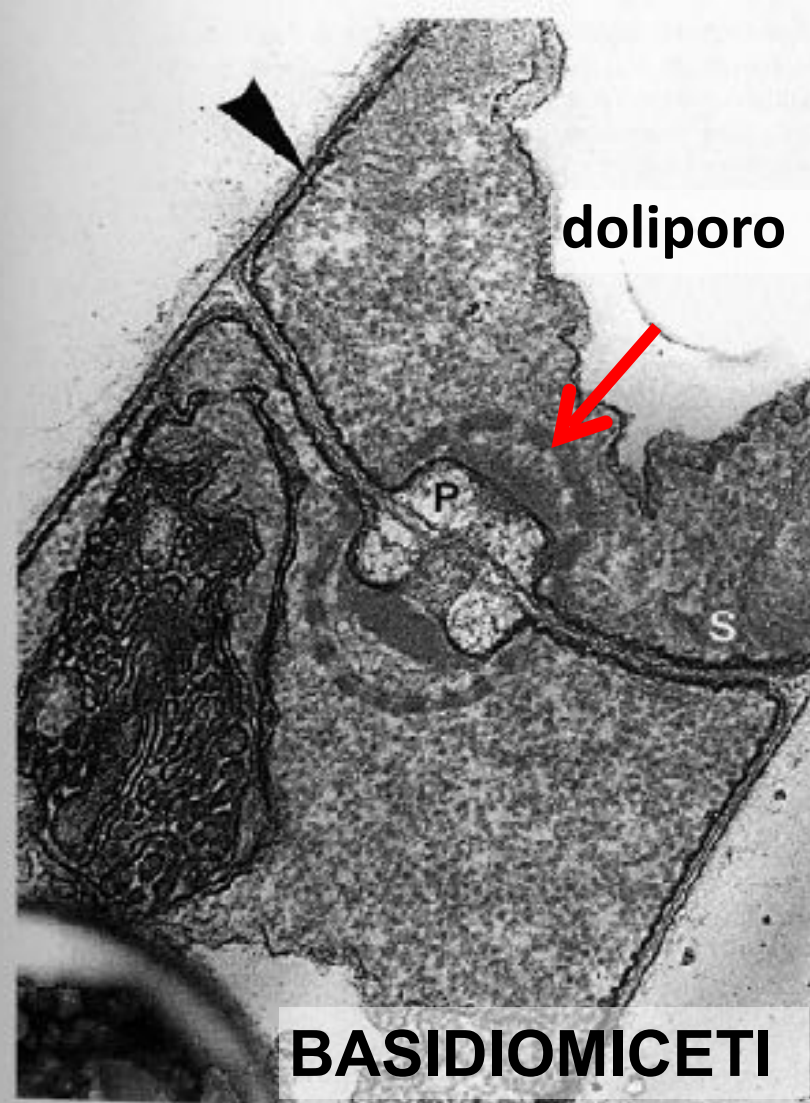
IFE SIFONALI: prive di pareti trasversali, multi-nucleate (tipo primitivo);

IFE SETTATE: pareti trasversali presenti; uno o due nuclei per cellula → ifa mono- o dicariofitica (tipo più evoluto).



ASCOMICETI

Fotografia al microscopio elettronico di un setto che separa due cellule dell'ascomicete *Gibberella acuminata*. Gli organuli tondeggianti di maggiori dimensioni sono mitocondri, quelli piccoli e scuri, ribosomi. Di questo campione è stata effettuata una sezione sottile che attraversa la regione del poro centrale del setto.



Un'ifa del lungo basidiomicete *Suillus collinitus* (Boletales) mostra una sottile parete cellulare chitinosa sottesa dalla membrana plasmatica (freccia), che è colorata all'argento; si vedono anche un vacuolo e depositi di glicogeno. L'ifa è attraversata da una parete trasversale (il setto, S) che nei basidiomiceti è perforato e assume la caratteristica forma di setto doliporo con parentosomi (P). (TEM, 35000x)

Corpi di Woronin: (in ascomiceti) inclusioni circondate da membrana, elettrondense, organelli proteinacei, sferici od ovoidi, disposti ad entrambi i lati dei setti, chiudono il setto in caso di ferita dell' ifa, in ascomiceti filamentosi.

