FYLOGENEZE A DIVERZITA HUB A PODOBNÝCH ORGANISMŮ

(část přednášky Fylogeneze a diverzita řas a hub)

• SAR - Straminipila: Peronosporomycota / Labyrinthulomycota / Hyphochytriomyc.
• Rhizaria: Plasmodiophorida • Excavata: Acrasida • Amoebozoa: Mycetozoa
• Opisthokonta - Fungi: Microsporidiomycota / Chytridiomycota / Blastocladiomycota / *skupina Zygomycota* - Mucoromycota, Zoopagomycota / Glomeromycota / Dikarya - Ascomycota: Taphrinomycotina, Saccharomycotina, Pezizomycotina - *pomocné skupiny Deuteromycota a Lichenes*
- Basidiomycota: Pucciniomycotina, Ustilaginomycotina, Agaricomycotina

Říše (superskupina): *SAR*, vývojová větev *STRAMINIPILA*

Oddělení: *PERONOSPOROMYCOTA (OOMYCOTA)* - OOMYCETY

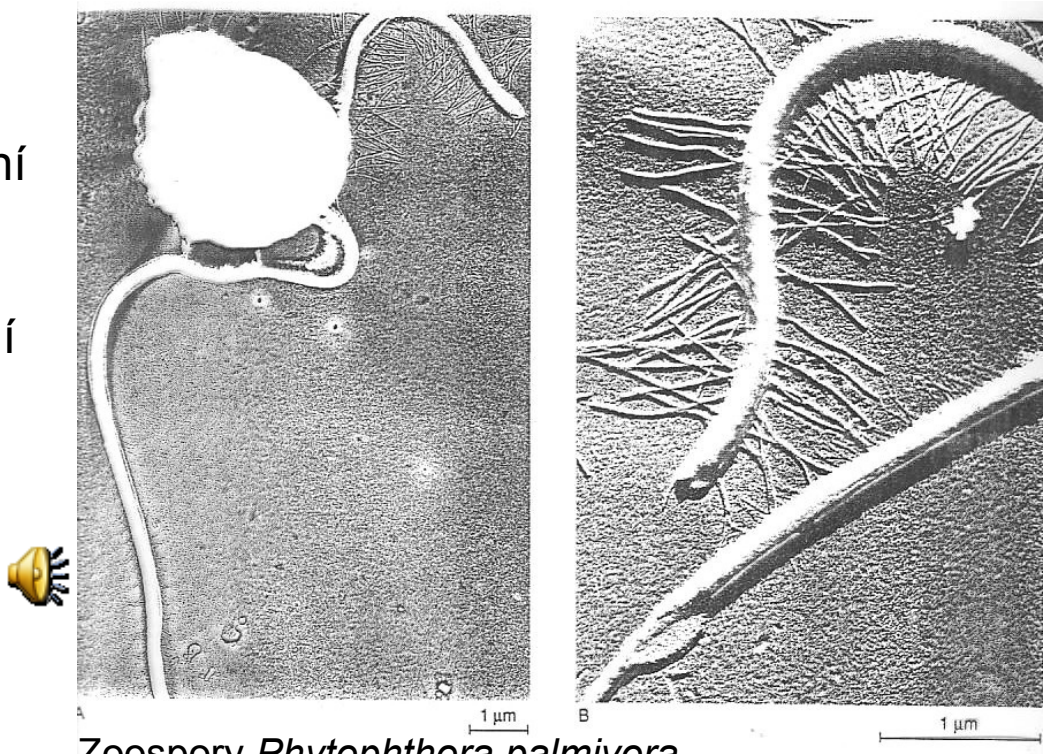
Třída: *PERONOSPOROMYCETES (OOMYCETES)*, též *OOPHYCEAE*

primitivní typy mají stélky endobiotické (intra- nebo intercelulární), monocentrické (ze stélky vznikne 1 sporangium) a eukarpické (jen část stélky se změní v rozmnožovací útvar), vzácněji holokarpické (celá stélka se změní)
stélka většiny zástupců je **nepřehrádkované mycelium** (nanejvýš s tzv. nepravými přehrádkami), bývá eukarpické a polycentrické
parazitické druhy vytvářejí na myceliu haustoria, pronikající do buněk hostitele
vnitrobuněční parazité mají amorfní stélku bez buněčné stěny

buněčná stěna mycelia obsahuje hlavně celulózu (fibrilární struktura) a amorfní směs polyglukanů, v menší míře jiné látky
protoplast je **cenocytický** (odpovídá sifonální stélce u řas), mnohojaderný
někdy je vytvořena centrální vakuola, mitochondrie mají trubicovité přepážky
DBV (dense body vesicles) systém – bohatý na glukany, podílí se na jejich polymeraci při tvorbě buněčné stěny nebo zoospor
zásobní látkou je mykolaminaran (rozpustný polyglukan)

nepohlavní rozmnožování
– tvorba zoospor či aplanospor

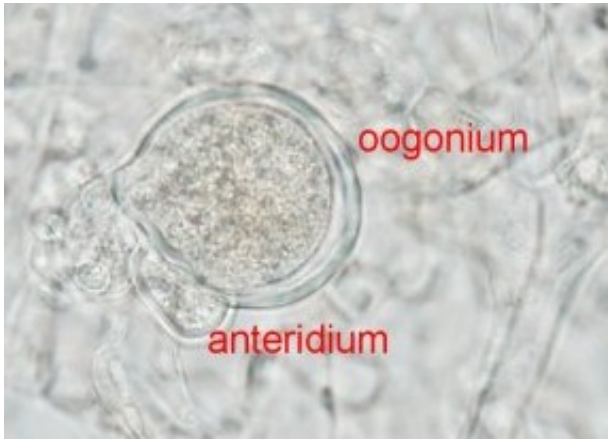
základním typem jsou sekundární pleurokontní zoospory (bičíky vycházejí z boku buňky, jsou heterokontní, přední péřitý, zadní jen s jemnými vlásky) – je-li jen toto jedno pohyblivé stadium v životním cyklu, jde o **monoplanetismus** (druhy označeny jako monomorfní)



Zoospory *Phytophthora palmivora*
Zdroj: Desjardins et al. (1969): Electron microscopic observations ..., Can. J. Bot. 47: 1077-1079

některé skupiny tvoří nejprve primární akrokontní zoospory (bičíky apikální, téměř stejné), z kterých po encystaci vznikají sekundární (**diplanetismus**, druhy dimorfní)
vzácnější případy - polyplanetismus (více generací sekund. zoospor: zoospora => encystace => zase zoospora) nebo aplanetismus (zoospory se encystují ještě uvnitř sporangia, ven už vycházejí pouze aplanospory)
možnost změny zoosporangia na monosporické sporangium (tzv. "konidii", ale s konidiemi to nemá nic společného; tvoří se u *Peronosporales*) => klíčí přímo hyfou
kromě zoospor se vytvářejí také tlustostěnné nepohyblivé chlamydospory

pohlavní rozmnožování je **oogametangiogamie** – nejde o oogamii, protože nedochází k tvorbě volných gamet (souvisí zřejmě s přechodem z vody na souš; tento proces je i u vodních druhů – jsou sekundárně vodní?)
anteridia jsou hormonálně přitahována k oogoniím => po kontaktu kopulačními kanálky přejdou samčí jádra do oogonia => oplozená oosféra se mění v tlustostěnnou oosporu
meioza i mitóza jsou uzavřené



Bremia lactucae, gametangia

Foto I. Petrželová, http://botany.upol.cz/atlasy/system/gallery.php?entry=oogonium

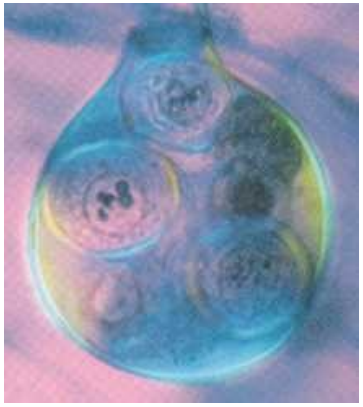
výskyt, ekologie: saprofyté nebo parazité, primitivnější typy ve vodním (nebo vlhkém) prostředí, nejodvozenější *Peronosporales* na nadzemních částech suchozemských rostlin
evoluční tendence spojené s přechodem z vody na souš: menší počet pohyblivých stadií, přechod od saprofytismu k obligátnímu parazitismu, s tím spojená specializace vedoucí až k tzv. organotropii (specializace na určité orgány hostitele)

význam: z pohledu člověka negativní, řada fytopatogenních druhů

systém: v rámci oddělení 1 třída; oddělení řazeno v systému straminipil, předpoklad vývojové spojitosti s heterokontními řasami

podtřída *Saprolegniomycetidae* (tzv. **"vodní plísně"**)

- tvorba primárních i sekundárních zoospor,
- v oogoniu často více oosfér,
- centrifugální hromadění periplasmy při tvorbě oospor,
- přítomnost glukosaminů v buněčné stěně a tzv. K_2-bodies v cytoplazmě zoospor,
- příjem síry pouze v organické formě



Saprolegnia sp. – více oosfér v oogoniu

R. Moore, W. D. Clark, K. R. Stern & D. Vodopich: Botany. - Wm. C. Brown Publ., 1995.

řád *Leptomitales* - stélka eukarpická, ve větveném myceliu jsou místa zaškrcení ucpaná celulinovými zrny; v buněčné stěně je chitin; počet chromosomů n=4

většina druhů monomorfních, je znám i diplanetismus, případně se primární zoospory encystují již ve sporangiu

výhradně saprofyté ve vodě nebo vlhké půdě (*Leptomitus*)

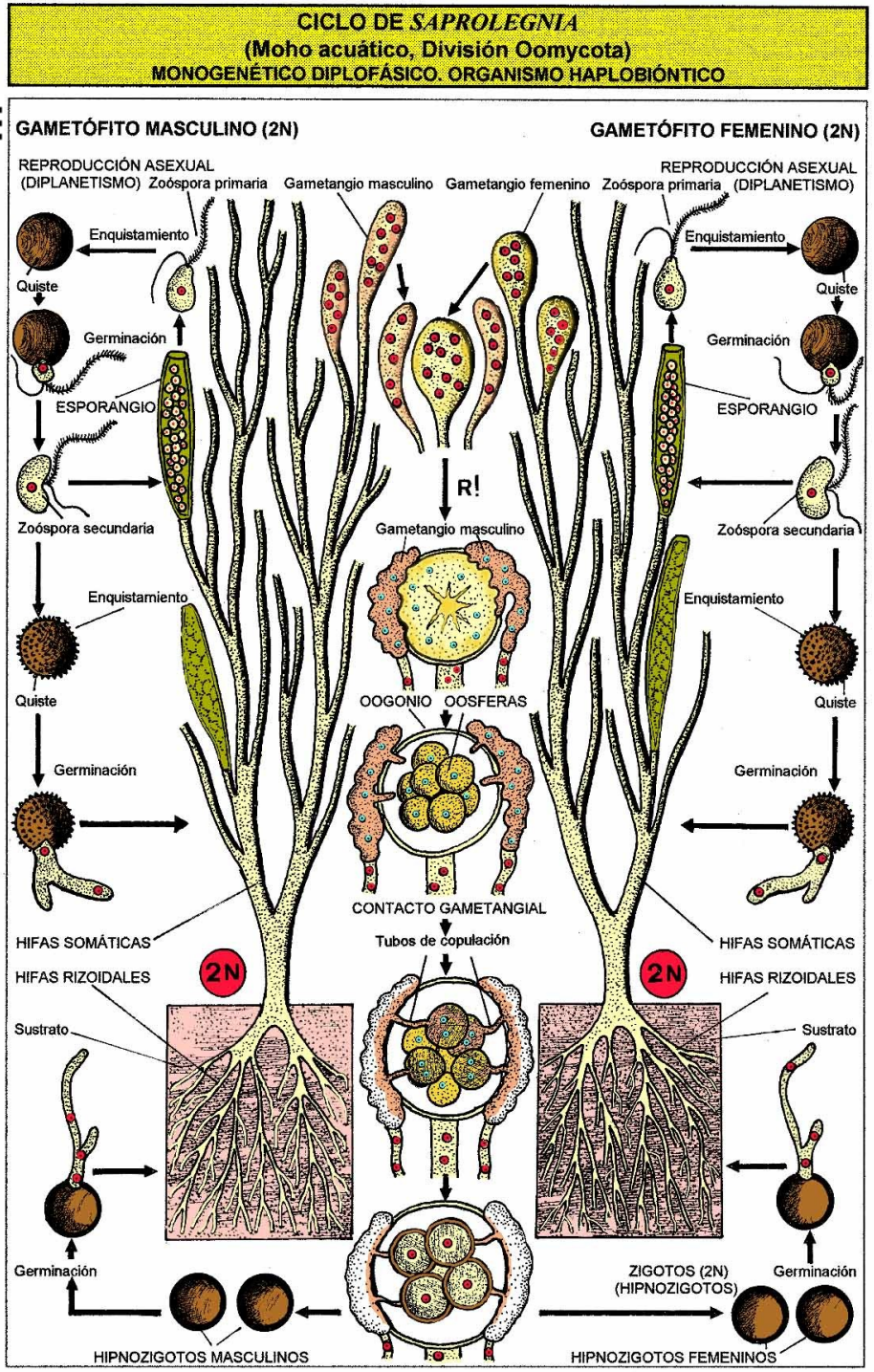
řád *Saprolegniales* - stélka eukarpická, charakteristický diplanetismus (odvozeně poly- a aplanetismus); počet chromosomů n=3

většinou saprofyté ve sladkých vodách, příp. v půdě nebo na kořenech, druhotně i parazité řas, hub, živočichů (*Saprolegnia parasitica* – parazit ryb, *Achlya* – parazité raků i zeleniny)

životní cyklus: na koncích hyf se tvoří sporangia (často proliferující) => rozpad jejich obsahu na primární zoospory => encystace v primární cysty => z nich sekundární zoospory => encystace v sekundární cysty => z nich klíčí hyfy

pohlavní proces: na starších hyfách se vytváří gametangia (oddělená přehrádkou) => v oogoniu se vytvoří více jader => více oosfér (vznikají při povrchu oogonia – centrifugální tvorba oosfér); anteridia obklopí oogonium => vytvářejí oplozovací hyfy, které vniknou do oogonia => jimi přejdou samčí jádra => oplození oosfér => vytvořením pevné stěny vznikají oospory => po několika-měsíčním klidu klíčí hyfou

klidové stadium – tvorba chlamydo-spor (terminálně i interkalárně)



podtřída *Peronosporomycetidae*

- tvorba pouze sekundárních zoospor (nebo aplanetismus),
- v oogoniu (až na výjimky) jedna oosféra,
- centripetální hromadění periplasmy při tvorbě oospor,
- nepřítomnost glukosaminů v bun. stěně a tzv. K_2-bodies v cytoplazmě zoospor,
- počet chromosomů n=5,
- schopny přijímat anorganickou síru (SO_4^{2-} ionty)

řád *Olpidiopsidales* – obligátní parazité řas nebo hub
redukovaná stélka, holokarpická, monocentrická; růst endobiotický (uvnitř protoplastů hostitele) nebo intramatrikální (v mezibuněčných prostorech)
stélka v mládí nahá (ale nesplývá s protoplastem hostitele), později vytváří stěnu
ve stáří se celá stélka mění na reprodukční struktury – sporangia
(=> zoospory jednoho typu, vzácně polyplanetismus) nebo gametangia

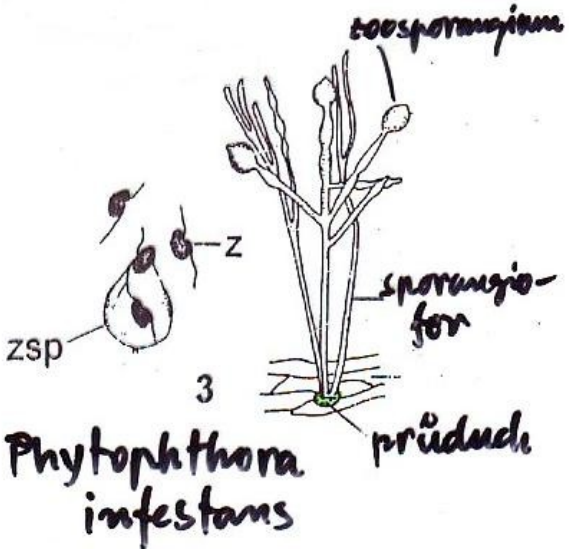
řád *Pythiales* – stélka cenocytická (u starších hyf se tvoří i přehrádky),
intracelulární nebo intramatrikální, většinou netvoří haustoria
na nediferencovaných hyfách s neukončeným růstem se tvoří sporangia apriori terminálně, ale další růst hyfy je odsune do boční pozice
zoospory obvykle pouze sekundární (vzácně polyplanetismus), sporangium může klíčit i přímo hyfou (chová se jako sporangium s 1 aplanosporou)
zástupci řádu jsou vodní a půdní saprofyté nebo parazité řas, hub nebo rostlin
Pythium oligandrum – silný kompetitor, schopný likvidovat mycelia jiných hub

řád *Peronosporales* (**"nepravá padlí"**) – obligátní parazité cévnatých rostlin

Phytophthora infestans (plíseň bramborová) napadá nadzemní části (listy) i hlízy – nejzávažnější patogen brambor, jeho zavlečení v 19. století vedlo k hladomoru
přezimuje na povrchu hlíz => na jaře napadá očka => vyroste s rostlinou => skrz průduchy vyrůstají sporangiofory => zoosporangia roznášena větrem => uvolní se zoospory => v kapce vody vyklíčí v hyfu (při nižší vlhkosti se netvoří zoospory a celé sporangium vyklíčí v hyfu) => průduchem pronikne do dalšího listu => haustoria vnikají do buněk, tvorba nových sporangioforů
v zimě se tvoří oogonia (nejprv vznikne více jader, ale zůstane jen jedno) a anteridia (zůstanou mnohojaderná, ale jen jedno jádro projde do oogonia) => oospora klíčí vláknem, nesoucím zoosporangium

Phytophthora infestans, symptomy napadení

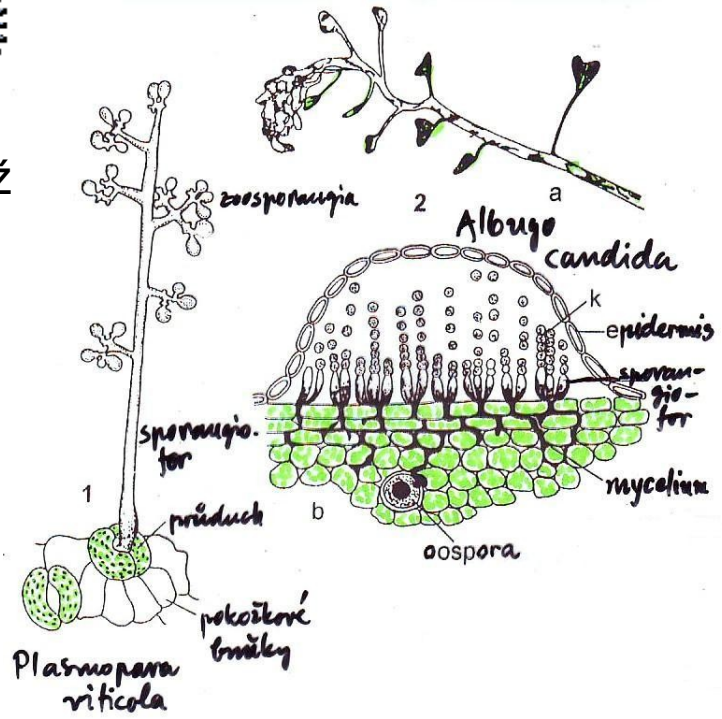
Foto Jaroslav Rod, http://botany.upol.cz/atlasy/system/gallery.php?entry=Phytophthora%20infestans



Albugo candida na stonku kokošky, *Plasmopara viticola* na listu vinné révy

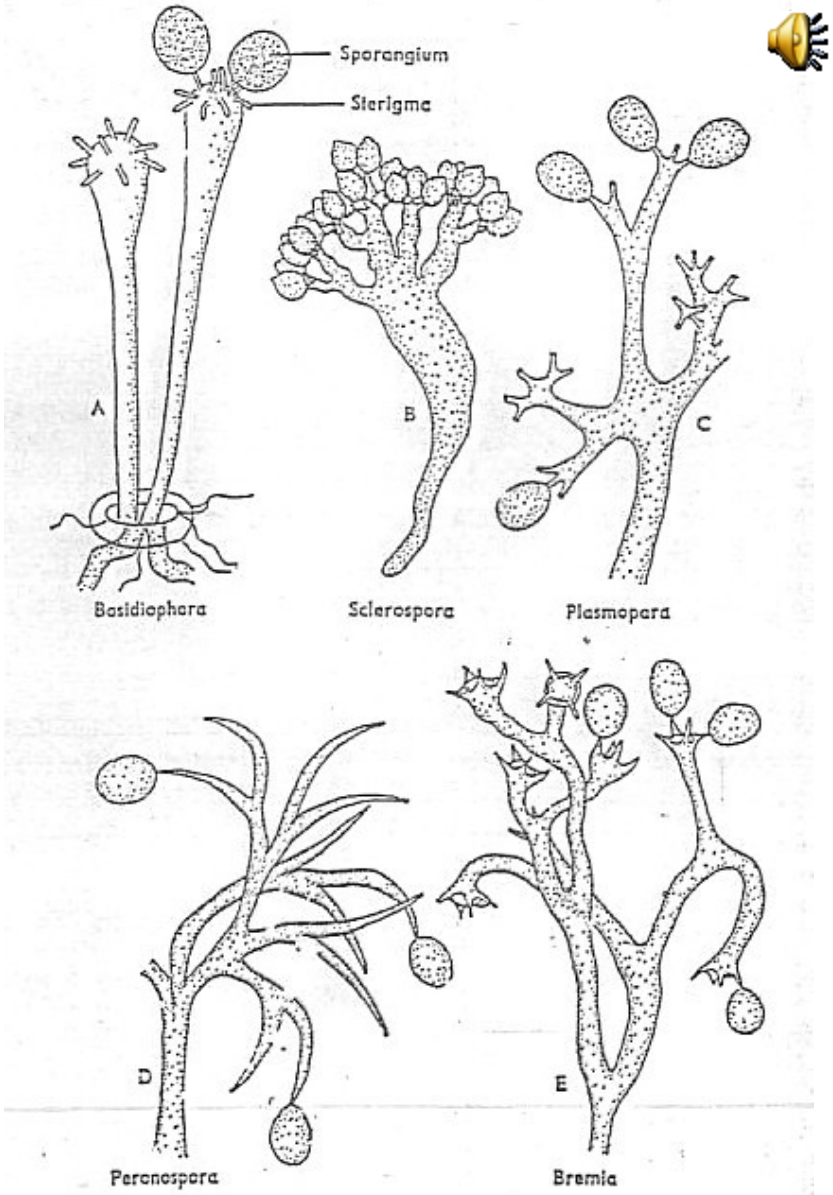
Foto Jaroslav Rod, http://botany.upol.cz/atlasy/system/gallery.php?entry=Albugo%20candida, Michaela Sedlářová, http://botany.upol.cz/atlasy/system/gallery.php?entry=Plasmopara%20viticola

typická pro řád *Peronosporales*
je cenocytická stélka, intercelulární mycelium vytváří haustoria
zoosporangia se vytváří na větvených sporangioforech; vzácněji se tvoří zoospory, obvykle jednosporové sporangium klíčí přímo hyfou
pohlavní proces: oogametangiogamie
řada druhů má hospodářský význam



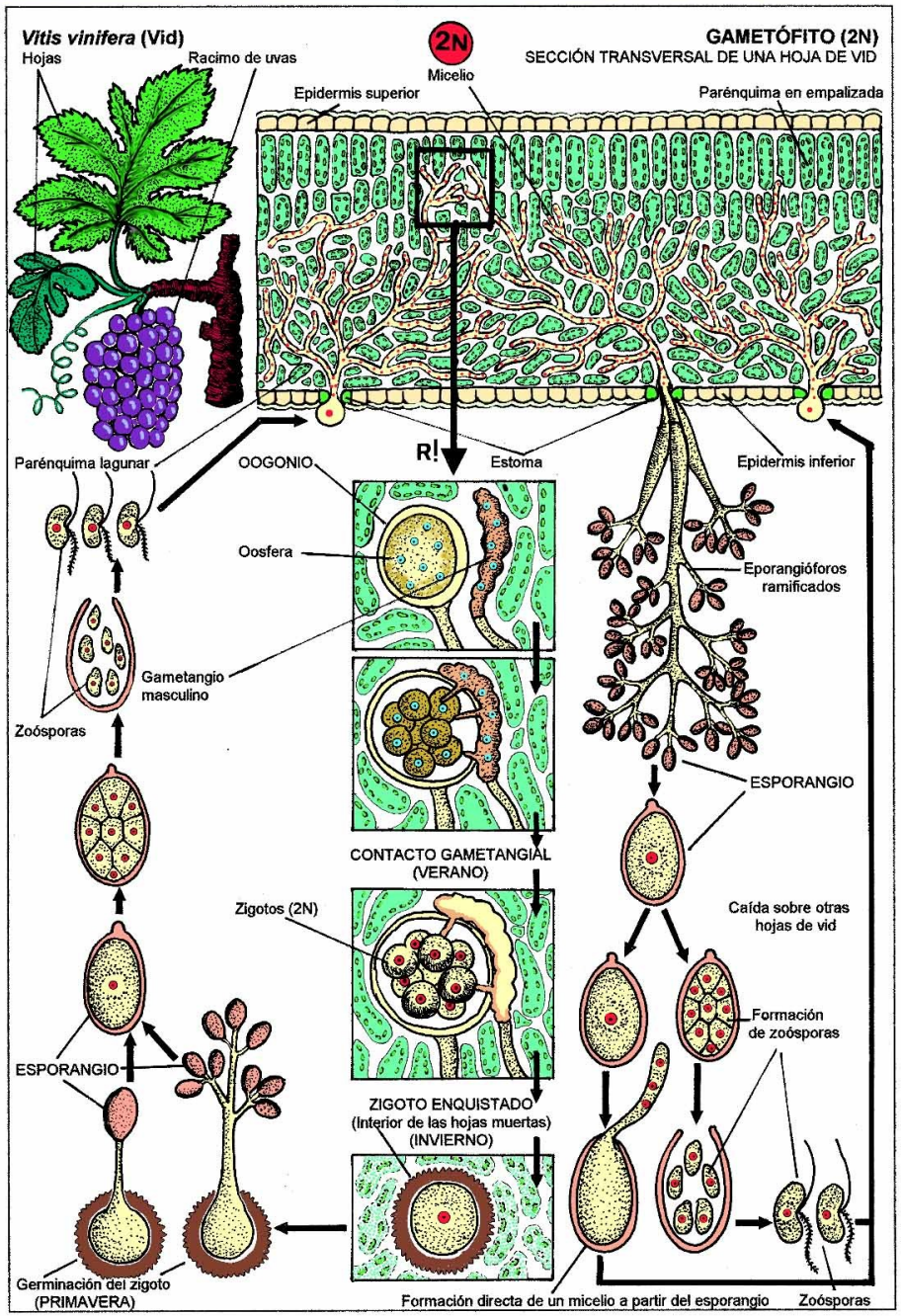
Plasmopara viticola (skvrny na listech, nedostatečné dozrání plodů vinné révy), *P. ribicola* (totéž na rybízu), *Pseudoperonospora humuli* (parazit chmele), *Bremia lactucae* (semenáčky salátu), druhy rodu *Peronospora* na různých rostlinách;

řád *Albuginales* (*"bílé rzi"*)
Albugo candida (plíseň bělostná) tvoří ložiska s nevětvenými sporangiofory nesoucími řetízky sporangií => jejich tlakem ložisko praská a dochází k uvolnění sporangií



Obr. 12: Sporangiofory u rodů čeledi *Peronosporaceae* (podle ALEXOPOULOSE).

CICLO DE *PLASMOPARA VITICOLA*
("Mildiu" de la vid, División Oomycota)
MONOGENÉTICO DIPLOFÁSICO. ORGANISMO HAPLOBIÓNTICO



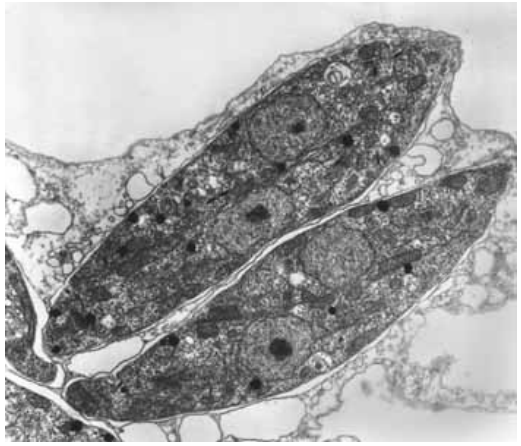
Oddělení: *LABYRINTHULOMYCOTA (LABYRINTHISTA, LABYRINTHULATA)*

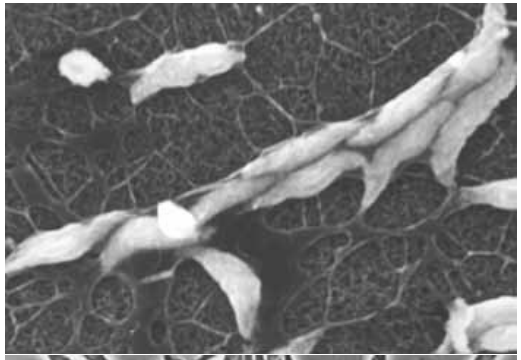
Třída: *LABYRINTHULOMYCETES (LABYRINTHULEA)*

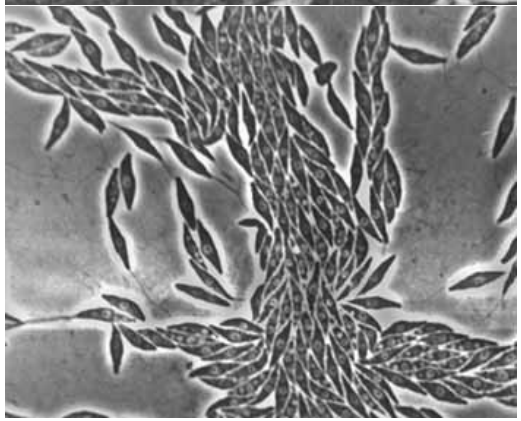
mořské organismy; dvě dobře oddělené skupiny, které spojuje buněčná stěna tvořená tenkými šupinkami a tvorba **ektoplazmatických výběžků** (bezblanné, neobsahují organely), vycházejících z tzv. **botrosomů** na povrchu buňky v reprodukční fázi tvorba sporangií => v nich vznikají zoospory (mají 2 laterální heterokontní bičíky, přední péřitý, zadní hladký) nebo aplanospory (pravděpodobně možnost amébovitého pohybu)

řád *Thraustochytriales* - vegetativní buňky kulovité nebo elipsoidní, na jejich bázi vyrůstá z bazálního botrosomu síť ektoplazm. výběžků, které neobklopují buňky - jimi jsou buňky nejčastěji připevněny k substrátu (ale jejich stahováním /natahováním se mohou i pohybovat)
rozmnožování: dělením buňky vzniká sorus, který se obalí stěnou (převažuje v ní galaktóza anebo galaktan) => jaderná dělení => prosté dělení buněk anebo rozpad mnohojaderného protoplastu => zoospory se 2 bičíky, nemají stigma (u některých rodů jen aplanospory)
výskyt: mořské vody, v detritu nebo na povrchu řas, rostlin aj., saprofyté
systém: 1 řád, několik rodů (*Thraustochytrium*)

řád *Labyrinthulales* – slizovitá bezbarvá ektoplazmatická síť (tvořená hlavně mukopolysacharidy) obklopuje oválné buňky, které jsou jakoby uzavřeny v ektoplazmatických "trubicích"
pohyb uvnitř těchto "trubic" umožňují kontraktilní aktinomyozinové bílkoviny v ektoplazmatické síti
výživa je osmotrofní – trávicí enzymy pronikají přes ektoplazmatickou síť ven a naopak živiny dovnitř
rozmnožování: buňky se seskupí na určitých místech sítě, obalí se tenkou stěnou a vytvoří sorus (shluk) => zde jaderná dělení => 4–8 zoospor se 2 bičíky a stigmatem (vzácně se tvoří aplanospory) =>
po styku se substrátem ztrácejí bičíky
u *Labyrinthula vittelina* zjištěno, že jaderné dělení je redukční – jde zde tedy o pohlavní proces, ale není známo, kde dochází ke karyogamii
výskyt: mořské a brakické vody, v organickém detritu, na povrchu řas i rostlin; některé parazitické
systém: 1 řád, 1 rod *Labyrinthula*







http://www.botany.uga.edu/zoosporicfungi/index.html

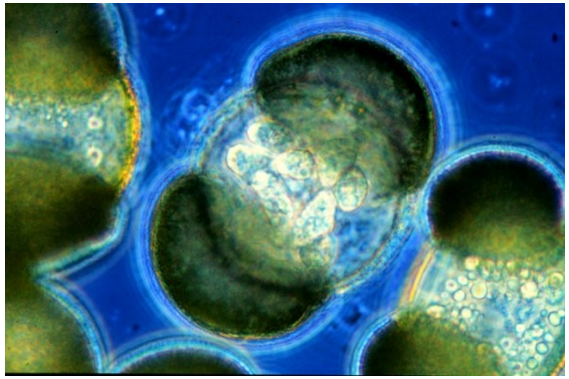
Oddělení: *HYPHOCHYTRIOMYCOTA*

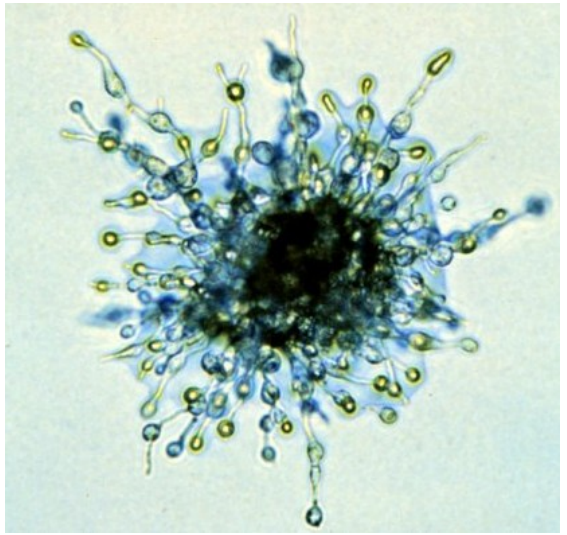
Třída: *HYPHOCHYTRIOMYCETES*

malá skupina jednoduchých organismů (vzhledově podobné zástupcům oddělení *Chytridiomycota*, ale příbuznější odd. *Peronosporomycota*)

buněčná stěna dvouvrstevná - vnější celulózní, vnitřní chitinózní
nejprimitivnější zástupci mají stélku holokarpickou a monocentrickou, odvozenější eukarpickou a monocentrickou (s rhizomyceliem, *Rhizidiomyces*) nebo polycentrickou (zoosporangia propojená hyfami, *Hyphochytrium*)

v zoosporangiích se tvoří **zoospory s jedním apikálním péřitým bičíkem**
zoosporangia jsou oddělena přehrádkami, v hyfách přehrádky vzácné
pohlavní rozmnožování pozorováno u jediného druhu (izogamie, splývají aplanogamety)





Hyphochytrium catenoides, nahoře sporangia v pyl. zrnu, dole růst stélek z pyl. zrna

Foto Don Barr, http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/barr.html

výskyt, ekologie: parazité na řasách, houbách nebo živočiších ve vodě a v půdě

systém: 1 třída, 1 řád, zástupce viz u charakteristiky stélek