

# **System a fylogeneze hub**

## ***(pro pokročilé)***

**Díl druhý:**

**charakteristika skupiny *Fungi*, *Microsporidiomycota*,  
*Chytridiomycota*, *Neocallimastigomycota*,  
*Blastocladiomycota*, *Mucoromycotina*,  
*Mortierellomycotina*, *Entomophthoromycotina*,  
*Zoopagomycotina*, *Kickxellomycotina*.**

Překvapení (pro někoho) dokonáno jest: Zjištění, že houby jsou (na základě molekulárních dat) příbuznější živočichům než rostlinám, není již tak úplně novinkou.

Nyní však přestávají být *Animalia* a *Fungi* hodnoceny jako samostatné říše a jsou slučovány spolu s některými drobnějšími skupinami dřívějších protozoí (mj. *Ichthyosporea*, *Choanoflagellata*) do říše **OPISTHOKONTA**.

Opisthokonta is a grouping consisting of Animals (Metazoa), the true Fungi and their close protistan relatives. The closest relatives of animals include choanoflagellates, which are free-living unicellular or colonial flagellates, and the parasitic Ichthyosporea (also known as Mesomycetozoea). Fungi are most closely related to a group of amoebae called nucleariids.

Opisthokonts share two conspicuous features that are uncommon in other eukaryotes: Almost all cells in this group have flat mitochondrial cristae, while flagellated cells typically have a single emergent flagellum that inserts at the posterior end of the cell (Cavalier-Smith, 1987). The monophyly of this group has been shown convincingly by molecular phylogenies (Baldauf and Palmer, 1993; Lang et al., 1999; Ragan et al., 1996; Ruiz-Trillo et al., 2006; Steenkamp et al., 2006; Wainright et al., 1993), and also by a large, conserved insertion within the protein Elongation Factor 1-alpha (Baldauf and Palmer, 1993; Steenkamp et al., 2006). Recently a possible shared lateral gene transfer has been reported (Huang et al., 2005).

<http://tolweb.org/Eukaryotes/3>

Společnými znaky zástupců této říše jsou jeden posteriorní = opisthokontní bičík (vyjma skupin, kde se bičíkaté buňky netvoří, resp. došlo k jeho druhotné ztrátě – „tlačný“ bičík je mezi ostatními říšemi unikum) a mitochondrie s plochými kristami (které pak už nalezneme jen u skupiny *Discicristata* /viz říši *Excavata*/).

Říše *Opisthokonta* je některými autory považována za zcela bazální skupinu eukaryot (od které se postupně odštěpovaly větve vedoucí k dalším říším) nebo jinými autory za skupinu stojící na společné větvi s říší *Amoebozoa*, odděleně od říší ostatních.

(Dobré pojednání o evoluční problematice skupiny *Opisthokonta* přináší Počátky živočišné říše, viz <http://www.vesmir.cz/clanek.php3?CID=6785>.)

Zřejmě hned na počátku vývoje se oddělily dvě základní větve směřující k živočichům (*Metazoa*) a k houbám (*Fungi*).

Podříše **HOLOZOA** obsahuje vedle živočichů (u nichž došlo k vývinu mnohobuněčných těl) několik sesterských skupin jednobuněčných organismů.

- *Filasterea* jsou jednobuněčné organismy s dlouhými rovnými, mikrofilamenty vyztuženými tentakulemi (označovanými i jako filopodia nebo pseudopodia), kterými jsou schopné pronikat do těl vodních živočichů, např. larev motolic; zástupci: *Capsaspora*, *Ministeria*
- *Aphelidea* jsou vnitrobuněční parazité řas, do nichž pronikají améboidní buňky skrz výběžky spor, jež se připojí na stěnu hostitelské buňky; žíví se v principu fagotrofně (je pro ně charakteristická centrální potravní vakuola s exkrecním tělískem); šíří se prostřednictvím bičíkatých nebo améboidních buněk, jež se uvolní z hostitele

- *Ichthyosporea* (též *Mesomycetozoea*) jsou též jednobuněčné (některé druhy tvoří protáhlé améboidní buňky), ale mohou tvořit i hyfám podobná vícejaderná vlákna; většinou jde o parazity živočichů (ryb nebo členovců), někteří zástupci jsou volně žijící saprotrofové
  - do této skupiny patří mimo jiné *Amoebidium parasiticum* nebo zástupci někdejšího řádu *Eccrinales* – organismy dříve řazené na základě morfologické podobnosti a shodné ekologie (žijí v trávicím traktu korýšů, mnohonožek nebo hmyzu) mezi trichomycety (více u skupiny *Kickxellomycotina*)
- *Corallochytrium* (monotypický taxon) – kulovité buňky, po jejichž dělení se uvolní četné améboidní buňky; mořští saprotrofové známí z korálových útesů v Indickém oceánu
- *Choanomonada* (*Choanoflagellata*) jsou považovány za nejbližší příbuzné živočichů; jde o jednotlivě nebo koloniálně žijící jednobuněčné organismy (volně plovoucí nebo přisedlé na stopce, v tom případě jsou pohyblivá jen reprodukční stadia) s posteriorním bičíkem, kolem kterého je vytvořen vějíř vybíhající z povrchu buňky; výživa je fagotrofní, pohyb bičíku nahání bakterie aj. potravu do zmíněného vějíře, kde je zachycena; na povrchu buňky může být u různých zástupců testa z organické hmoty (skupina *Craspedida*, sem patří přisedlé typy) nebo křemitá lorika (skupina *Acanthoecida*)
- **METAZOA** – mnohobuněční živočichové



„Houbovou podříší“ představuje taxon, aktuálně vystavený pod názvem **NUCLEETMYCEA** – i ten obsahuje vedle vlastních hub několik sesterských skupin jednobuněčných organismů.

- **Nuclearia** – organismy známé z půdy nebo sladkých vod; mají zakulacené améboidní buňky, ze kterých vybíhají protáhlá filopodia

*Nuclearia thermophila.*

Zdroj: NEON;  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Nucleariid#mediaviewer/File:Nuclearia\\_sp\\_Nikko.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Nucleariid#mediaviewer/File:Nuclearia_sp_Nikko.jpg)

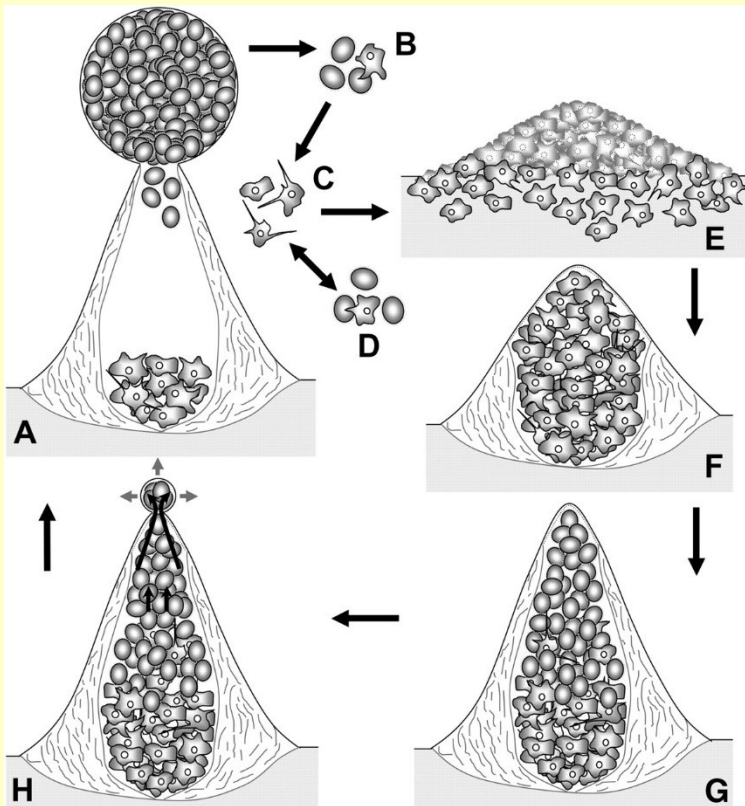
- **Rozella** (v poslední době též *Rozellida* nebo *Cryptomycota*) byla kladena mezi *Chytridiomycota* v klasickém pojetí (houby s bičíkatými stadii), dnes stojí jako samostatný taxon, zahrnující četné vývojové větve (jež lze těžko charakterizovat na základě viditelných znaků); souhrnně lze říci, že jde o jednotlivé buňky, žijící obvykle endo- nebo epibioticky na buňkách jiných organismů; tvoří zoospory s jedním bičíkem a cysty bez chitinózní nebo celulózní stěny



Cysty *Rozella allomycis* v buňkách *Allomyces*.

Foto Timothy James; [http://en.wikipedia.org/wiki/Rozella#mediaviewer/File:Rozella\\_allomycis2.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Rozella#mediaviewer/File:Rozella_allomycis2.jpg)

- *Fonticula alba* – monotypický taxon, dříve považovaný za příbuzný akrasii nebo diktyostelií, protože i zde dochází k agregaci améboidních buněk a vzniku stopkatého „sorokarpu“ – nahloučené buňky vytvoří dutou stopku z extracelulárně vyloučené hmoty, vyztuženou fibrilární matrix; buňky uvnitř této stopky se následně encystují a stanou se z nich spory s pevnou stěnou, které jsou vytlačeny stopkou vzhůru a vytvoří shluk (sorus), ze kterého se pak uvolňují



Life cycle of *Fonticula alba* based on (Worley et al. 1979; Deasey 1982). (A) Mature fruiting body (sorocarp) with a mucoid spore mass (sorus) atop the stalk made of extracellular matrix material. Not all spores get incorporated into the spore mass at maturity, note spores subtending the sorus. At the bottom of the sorocarp, some amoebae remain, which do not become spores. (B) Spores, which are surrounded by a mucus sheath, germinate as amoebae. (C) Trophic amoebae with filopodia. (D) Amoebae can encyst to form cysts morphologically identical to spores. Cysts germinate as amoebae. (E) Amoebae aggregate to form a mound. (F) The aggregate forms a common slime sheath, and sorogenic amoebae secrete an extracellular matrix of stalk material. (G) The upper two-thirds of amoebae within the stalk begin to encyst to form spores. (H) When the stalk reaches maturity, a bulge forms at the apex and spores are mechanically forced upward into the sorus, which expands as spores are forced upward.

Zdroj: Phylogeny of the “Forgotten” Cellular Slime Mold, *Fonticula alba*, Reveals a Key Evolutionary Branch within Opisthokonta.

<http://mbe.oxfordjournals.org/content/26/12/2699/F1.expansion.html>

Copyright © 2014 [Society for Molecular Biology and Evolution](http://www.societyfor-molecular-biology-and-evolution.org/)

# FUNGI - HOUBY

stélka obvykle tvořena **hyfami**, ve vegetativní fázi tvořícími **mycelium** (výjimečně jednobuněčné, schopné tvořit pučivé pseudomycelium (kvasinky)



jednodušší typy mají stélky nepřehrádkované (přehrádky oddělují pouze reprodukční struktury), vývojově odvozenější mají hyfy rozdělené centripetálně rostoucími přehrádkami - **septy** (obr. vlevo)

septum má uprostřed **pór** (různého typu u různých skupin), kterým mohou procházet látky i organely  
nej důležitější složkou buněčné stěny (přinejmenším ve stěnách spor) je **chitin** v kombinaci s jinými složkami (typicky  **$\beta$ -glukan**; zřídka chitin chybí)

zásobní látkou je nejčastěji **glykogen**, ojediněle i škrob (u primitivních vřeckatých - *Taphrina*)

výživa heterotrofní, příjem potravy osmotrofní (ne fagocytóza)

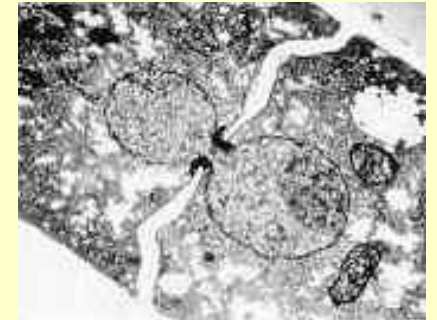
chybí jakékoli **plastidy** a fotosyntetické pigmenty; jsou však přítomna jiná barviva (karoteny, xanthofyly aj.)

jsou vytvořeny mitochondrie (druhotná redukce u mikrosporidií) a peroxisomy

tvoří-li se gamety, jsou bičíkaté u vývojově původních skupin (chybí mikrotubulární struktury typu mastigonemat); u odvozených skupin **nejsou pohyblivé buňky**



vše z <http://www.mycolog.com/CHAP4a.htm>



nepravá pletiva - **plektenchymy**:

prozenchym - ještě je patrná hyfová struktura

pseudoparenchym - jednotlivé hyfy nejsou zřetelné

plektenchymatické struktury se tvoří v plodnicích i ve sterilních útvarech (stroma, sklerocium)

**rozmnožování:**

**imperfektní stadium** - houba vytváří nepohlavní **mitospory**

**perfektní stadium** - houba vytváří pohlavní **meiospory**

**teleomorfa** - v dané fázi přítomno perfektní stadium

**anamorfa** - je přítomno pouze imperfektní stadium

**holomorfa** - houba v celém životním cyklu (tj. anamorfa i teleomorfa dohromady)

**meiotická holomorfa** - v životním cyklu jen pohlavní rozmnožování

**mitotická holomorfa** - v životním cyklu jen nepohlavní rozmnožování

**pleomorfický životní cyklus** - střídá se pohlavní i nepohlavní rozmnožování

**nepohlavní rozmnožování** (v haploidní i diploidní fázi):

- prostá fragmentace hyf

- tvorba sporangiospor – endogenně ve sporangiích (zoospory

- tvorba konidií - exogenně na hyfách (specializované odnože - konidiofory)

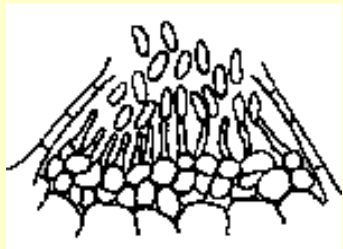


základní typy vzniku **konidií**:

- thalický (arthrický): rozpad na jednotlivé thalokonidie (arthrokonidie)  
(zvláštním typem arthrokonidií jsou chlamydospory - primárně odpočinkové spory)
- blastický: konidie vpučí z konidiogenní buňky (nejznámějším typem fialospory)

konidiofory se vyskytují jednotlivě nebo se seskupují do zvláštních útvarů, tzv. **konidiomat**:

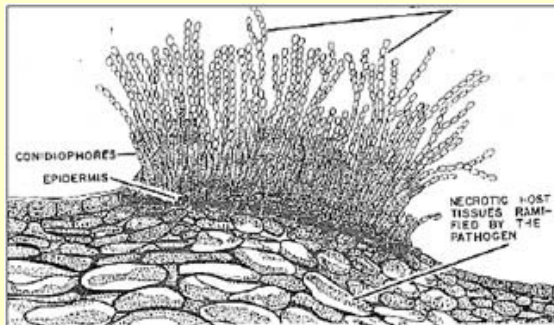
**acervulus** (klubíčko) - shluk



konidioforů pod povrchem pletiva hostitele, při dozrání pletivo praská

**sporodochium** (ložisko)

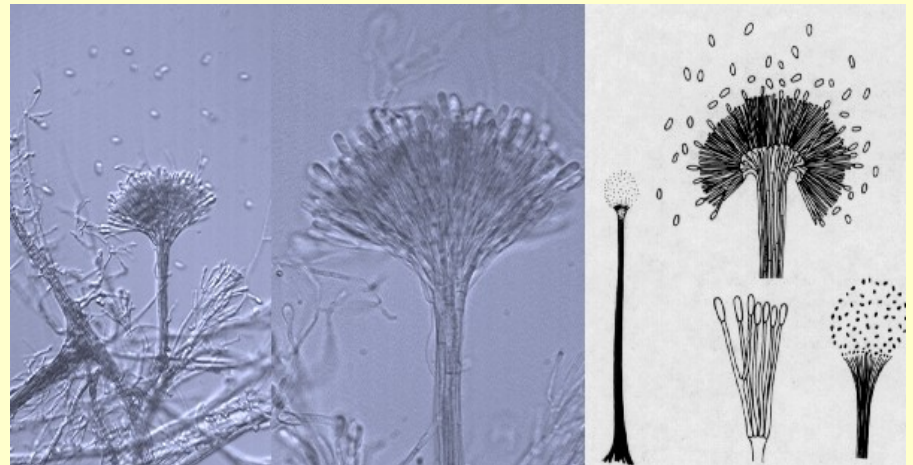
palisáda konidioforů na povrchu substrátu



**pyknida**

lahvicovitý útvar s vnitřkem vystlaným konidiofory

**koremie** (= synnema) - svazek slepených, na vrcholu větvených konidioforů



## **pohlavní rozmnožování:**

u většiny vlastních hub nenásleduje karyogamie bezprostředně plazmogamii (u *Chytridiomycetes* jen náznaky)

do životního cyklu je vložena **dikaryotická fáze** (označovaná **n+n**), charakteristická tzv. konjugovanými mitózami (současné mitózy obou jader)  
celý cyklus tedy je:

haploidní fáze (n) => plazmogamie => dikaryofáze (n + n) => karyogamie => diploidní fáze (2n; obvykle omezena jen na zygotu) => meioza => haplofáze

## **typy pohlavního procesu u hub:**

gametogamie (*Chytridiomycota*, jinak ojediněle)

gametangiogamie (typická hlavně pro *Zygomycota*)

gameto-gametangiogamie (spermatizace, oplodnění samčí spermacií, *Ascomycota*)

somato-gametangiogamie (vzácná)

somatogamie (splývání hyf, hlavně *Basidiomycota*)

gameto-somatogamie (spermatizace u rzí)

autogamie (ojediněle, *Ascomycota*)

## **životní cykly:**

haplobiotický - *Zygomycota*

haplo-diplobiotický - vzácně

diplobiotický - velmi vzácně (kvasinky)

haplo-dikaryotický - *Ascomycota*

dikaryotický - některá *Basidiomycota*

## **tvorba plodnic:**

*Zygomycota* - náznaky  
(obalná vlákna zygosporangií)

*Ascomycota* - askoma(ta)

*Basidiomycota* - bazidioma(ta)

## výskyt, ekologie:

saprofyté i parazité,  
některé vytvářejí  
symbiotické vztahy  
(lichenismus, mykorhiza)

rostou po celém světě,  
ve všech možných  
biotopech - půda, zbytky  
organismů, vzduch, voda  
(méně časté), v případě  
parazitů hostitelské  
organismy

hospodářské využití -  
výroba antibiotik,  
potravinářství, jedlé  
druhy, ale i jedovaté  
a patogenní houby

## System (jak je přednášen v prvním ročníku):

- ***Microsporidiomycota* – mikrosporidie**

Dříve protozoální oddělení, na základě molekulárních  
analýz přiřazené k houbám. Spekuluje se o možných  
příbuzenských vztazích tohoto oddělení; vyloučena  
není ani varianta, že jde o sesterskou skupinu hub.

- ***Chytridiomycota* – chytridie**

- ***Neocallimastigomycota***

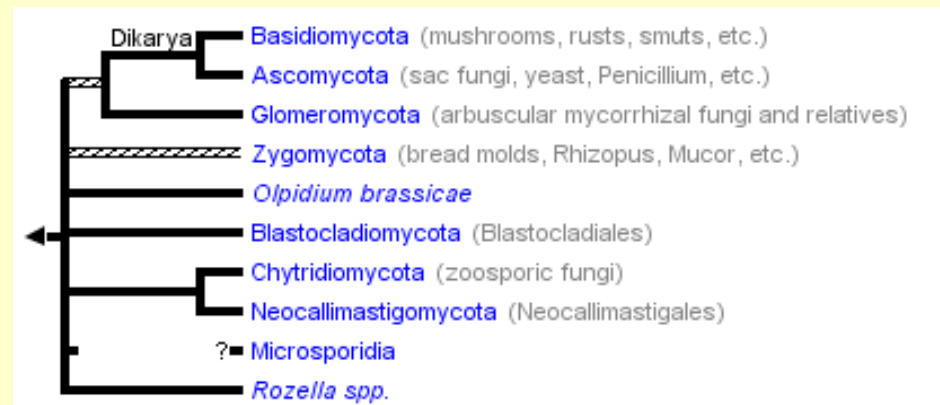
- ***Blastocladiomycota***

- ***Zygomycota* – houby spájivé**

- ***Glomeromycota*** (endomycorrhizní houby)

- ***Ascomycota* – houby vřeckaté**

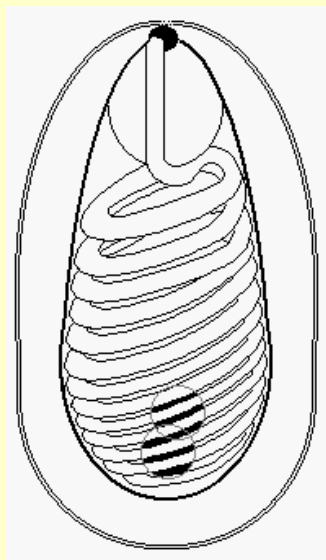
- ***Basidiomycota* – houby stopkovýtrusné**



## MICROSPORIDIA [též MICROSPORIDIOMYCOTA]

### - MIKROSPORIDIE (HMYZOMORKY)

obligátní intracelulární silně specializovaní parazité živočichů (hl. ryb a členovců)  
– stélka velmi redukována, jednobuněčná  
– bičíkatá stadia chybí (nejsou vyvinuty ani kinetosomy ani centrioly)  
vegetativní buňka (tzv. meront) bez buněčné stěny, mitochondrií (jsou redukovány na tzv. mitosomy – ztratily vlastní genom, jsou tedy syntetizovány dle genů v jádře; není zde ani schopnost oxidativní fosforylace), zásobních látek, lyzozomů aj., ribosomy se sedimentační konstantou 70S (jako prokaryota!!)



**sporulace:** meront se mění na sporont, oblaňuje se a vzniká spora (stěna - exospor bílkovinný, endospor chitinózní)  
– specifická vnitřní stavba - pólové vlákno, polaroplast, „vakuola“  
– při podráždění v tkáních hostitele se polární vlákno vychlípí a obsah spory (sporoplazma) je vytlačen vakuolou ven

Zástupci:

*Nosema apis* (hmyzomorka včelí) - včelí úplavice

*N. bombycis* (h. bourcová) - žloutenka bourců

*N. locustae* - „biologický boj“ se sarančaty



## CHYTRIDIOMYCOTA - CHYTRIDIOMYCETY

V dřívějším širokém pojetí odd. *Chytridiomycota* představovalo parafyletickou skupinu, kde zcela stranou od zřejmě monofyletické větve (*Chytridiales*, *Spizellomycetales*, pokročilejší *Monoblepharidales*) stojí řád *Blastocladales* a dosti izolovaně i *Neocallimastigales*, hodnocené dnes jako samostatná oddělení.

V rámci tohoto (dnes již překonaného) systému byly v pojetí některých autorů odlišovány dvě třídy *Chytridiomycetes* a *Rumpomycetes*, resp. podtřídy *Spizellomycetidae* a *Rumpomycetidae*. Druhá jmenovaná obsahovala organismy, jejichž zoospory jsou vybaveny rumposomem (viz níže) – řády *Chytridiales* (problém nevhodného pojmenování, pokud se tento řád dostává mimo třídu *Chytridiomycetes*, je v případě podtříd vyřešen), *Rhizophydiales* a *Monoblepharidales*.

### Charakteristika skupiny (oddělení) *Chytridiomycota*:

- vegetativní stélka holokarpická (primitivní jednobuněční zástupci) nebo eukarpická, monocentrická nebo polycentrická
- nevětvené nebo větvené rhizoidy (obvykle bezjaderné) => u polycentrických typů tvoří **rhizomycelium**
- odvozené typy tvoří **cenocytické** mycelium s **chitinózní** buněčnou stěnou, případně rozdělené pseudosepty
- Golgiho aparát (sestava cisteren) + komplex microbodies a lipidových globulí
- jaderná blána v průběhu mitózy otevřená na pólech jádra
- **rumposom** je specifická struktura pod stěnou zoospor, spojená mikrotubuly s kinetosomem – pravděpodobně jde o fotoreceptor

## nepohlavní rozmnožování:

- tvorba zoospor ve sporangiích, která se otevírají víčkem (operkulátní) či jinak (zpravidla štěrbinou - inoperkulátní)
- zoospory typicky jednobíčíkaté (běžný stav; oproti tomu vícebíčíkaté zoospory jsou v samostatné skupině *Neocallimastigomycota*), opisthokontní, bičík hladký

## pohlavní rozmnožování:

- izogamie, anizogamie, oogamie, vzácně gametangiogamie nebo somatogamie
- životní cyklus je obvykle **haplobiotický** (ale jsou i případy, kdy zygota neprodělá meiozu a vyroste z ní diploidní stélka nesoucí sporangia)

## výskyt, ekologie:

vodní a půdní saprotrofové nebo paraziti na různých skupinách řas, hub, rostlin i bezobratlých živočichů

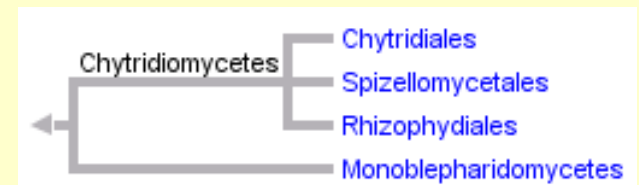
## CHYTRIDIOMYCETES

- houby se stélkou monocentrickou nebo polycentrickou s rhizomyceliem; znaky většinou odpovídají celkové charakteristice oddělení *Chytridiomycota*
- pohlavní proces typicky izogamický nebo anizogamický

Podrobné informace o jednotlivých skupinách:

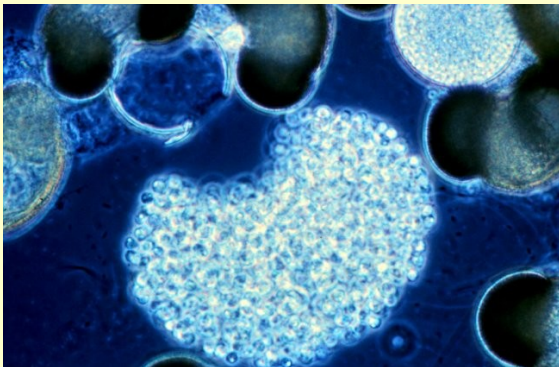
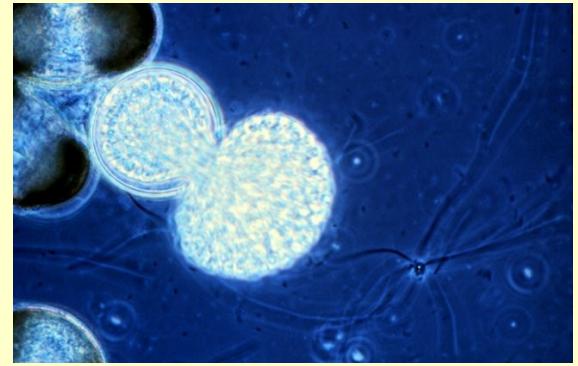
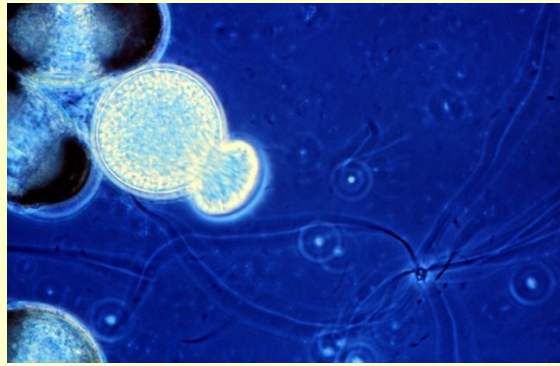
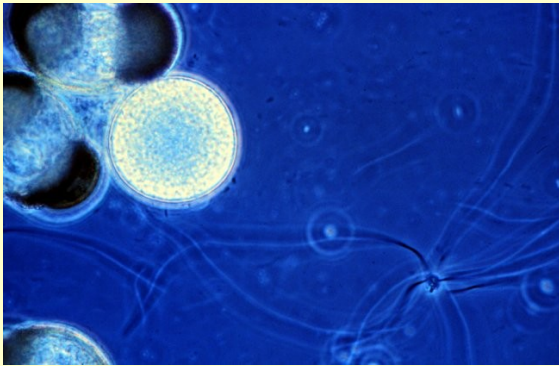
Martha Powell et al., Chytrid Fungi Online;

<http://bama.ua.edu/~nsfpeet/index.html>



## ***Chytridiales***

- jednobuněčné stélky s jednoduchým systémem rhizoidů nebo bez rhizoidů a buněčné stěny (vnitrobuněční parazité), nikdy vláknitá myceliální stélka
- typické znaky na pohyblivých buňkách: = neprůhledná zátka u báze bičíku
- = rovnoběžně uspořádané mikrotubuly vybíhající z jedné strany kinetosomu
- = kinetosom bičíku propojen fibrilami s druhým kinetosomem (bez bičíku)
- = jádro není spojeno s kinetosomy, kolem něj jsou nahloučeny ribosomy
- = k rumposomu (v podobě cisterny s otvory) přiléhají lipidové globule
- pohlavní rozmnožování: nejčastěji izogamie (zřídka anizogamie)

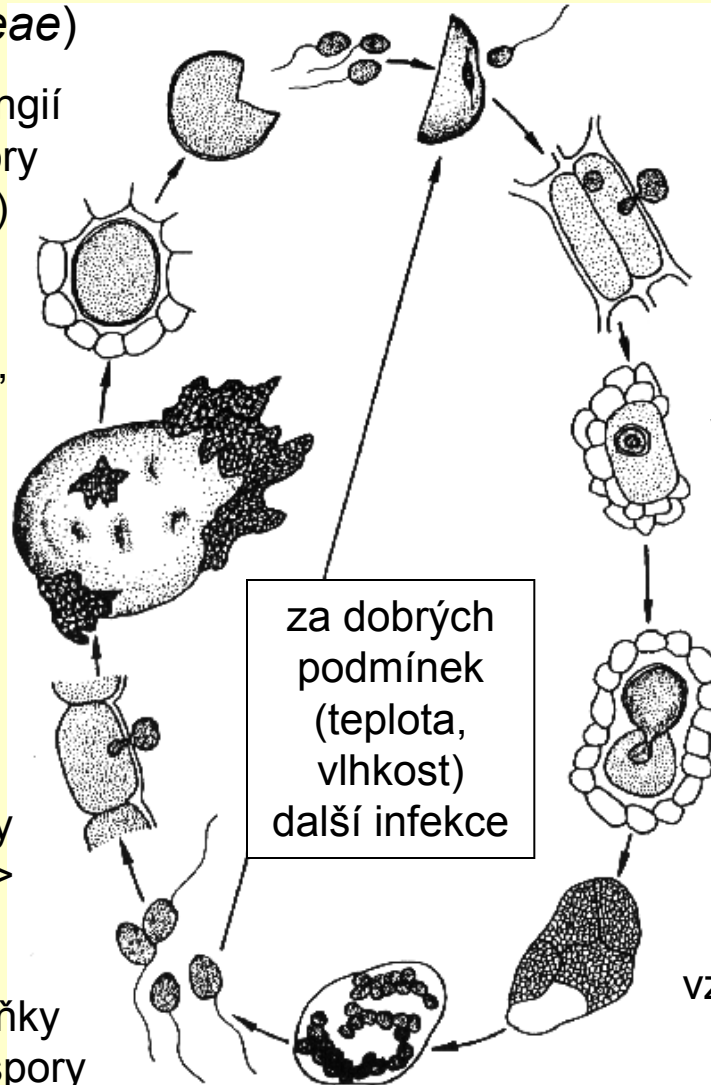


Zoospory *Chytridium confervae* se uvolňují do vodního prostředí v bezblanném shluku. Sporangium je operkulární – zbytek odklopeného víčka je vidět na posledním záběru vlevo dole.

Foto Don Barr; <http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/barr.html>

# *Synchytrium endobioticum* (rakovinec bramborový)

hospodářsky významný parazit, přísně karanténní choroba (klíčivost spor až 20 let)  
nádory na hlízách, napadá ale i nadzemní orgány brambor  
choroba pravděpodobně nepochází z jižní Ameriky, ale z Evropy (na planých  
druzích čeledi *Solanaceae*)



z odpočívajících sporangií  
vyklíčí na jaře zoospory  
(zde zřejmě meioza)

v jeho buňce vzniká  
odpočívající sporangium,  
přečkávající zimu

vzniklá zygota infikuje  
hostitele

za sucha menší zoospory  
fungují jako izogamety =>  
kopulace

po prasknutí stěny buňky  
hostitele se uvolní zoospory

za dobrých  
podmínek  
(teplota,  
vlhkost)  
další infekce

při dotyku s očkem na hlíze  
zatáhnou bičík, oblaní se a  
proniknou do buněk hostitele

obalí se tlustou stěnou =>  
vzniká prosorus (letní výtrus)

v okolních buňkách  
současně neorganizované  
dělení (nádor) =>  
stěna prosoru praskne =>  
do buňky vyhřezne  
protoplast, který se dělí

vzniká sorus sporangií



## ***Polychytriales*** (<http://www.mycologia.org/content/104/1/276.full>)

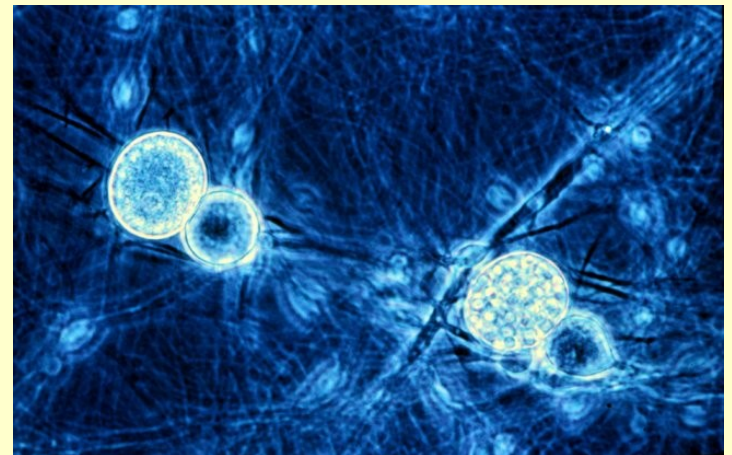
- chitinofilní, půdní nebo vodní houby
- mono- nebo polycentrická stélka; monocentrické druhy s více rhizoidy
- bičíkaté buňky kulovité, může se u nich vyskytovat rumposom, mikrotubulární kořen (je-li vytvořen) sestává z max. 3 mikrotubulů
- kinetosom bez bičíku (označovaný též jako nefunkční centriola) je stejně dlouhý nebo delší než kinetosom bičíku; oba přiléhají k sobě po celé délce

## ***Cladochytriales*** (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0953756209000057>)

- eukarpická stélka (mono- nebo polycentrická) se svazkem rhizoidů
- sporangia mohou být operkulátní nebo inoperkulátní
- mikrotubulární kořen, tvořený svazkem až 25 spojených mikrotubulů, propojuje kinetosom s cisternou rumposomu
- zástupci: *Cladochytrium*, *Nowakowskiella*

Zralá sporangia *Nowakowskiella elegans*.

Foto Don Barr; <http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/barr.html>



## ***Rhizophydiales***

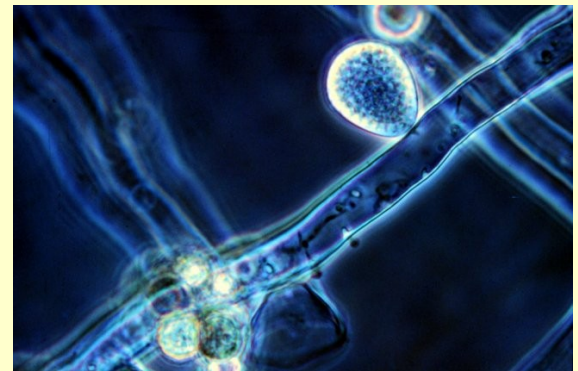
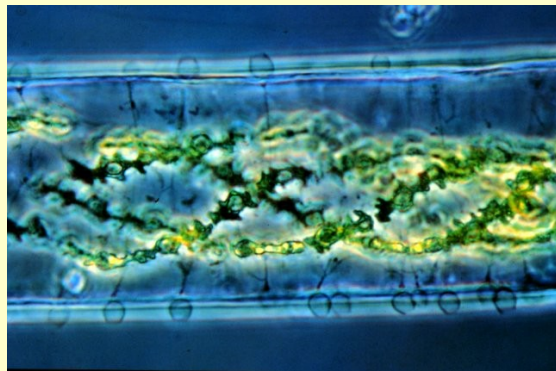
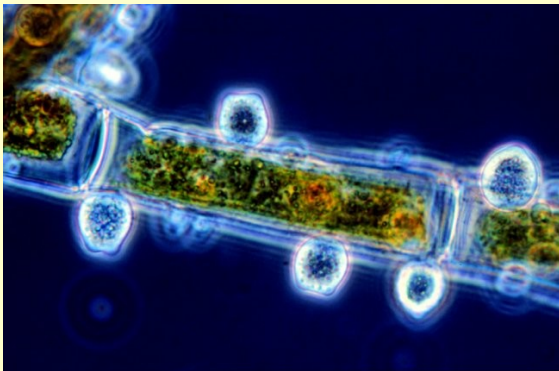
- shluky ribosomů jsou obklopeny dvojitou membránou
- microbodies, lipidové globule a membránová cisterna tvoří komplex (MLC)
- mikrotubulární kořeny (pokud jsou vytvořeny) vybíhají rovnoběžně od kinetosomu k cisterně rumposomu s lipidovými globulemi
- kinetosomy rovnoběžné nebo se rozbíhají pod ostrým úhlem, jsou spojeny fibrilárním můstkem
- u báze bičíku není žádná elektrondenzní zátka

Vpravo: Sporangia *Rhizophidium pollinis-pini* na pylových zrnech borovice napadaných ve vodě.

<http://www.botany.hawaii.edu/faculty/wong/Bot201/Chytridiomycota/Chytridiomycota.htm>

Dole zleva: *Rhizophidium granulosporum*, sporangia na vláknu *Oedogonium* sp., prázdná sporangia na vláknu *Spirogyra* sp.; *Rhizophidium graminis*, zralé a prázdné sporangium na kořenovém vlásku pšenice (do něj jsou vrostlé jemné rhizoidy).

Foto Don Barr; <http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/barr.html>



Aktuálně je ve středu pozornosti *Batrachochytrium dendrobatidis* – parazitický druh decimující populace obojživelníků (kožní infekce, omezující funkci kůže, při silné nákaze může vést k úhynu napadených jedinců), který se v poslední době stal celosvětovou hrozbou.

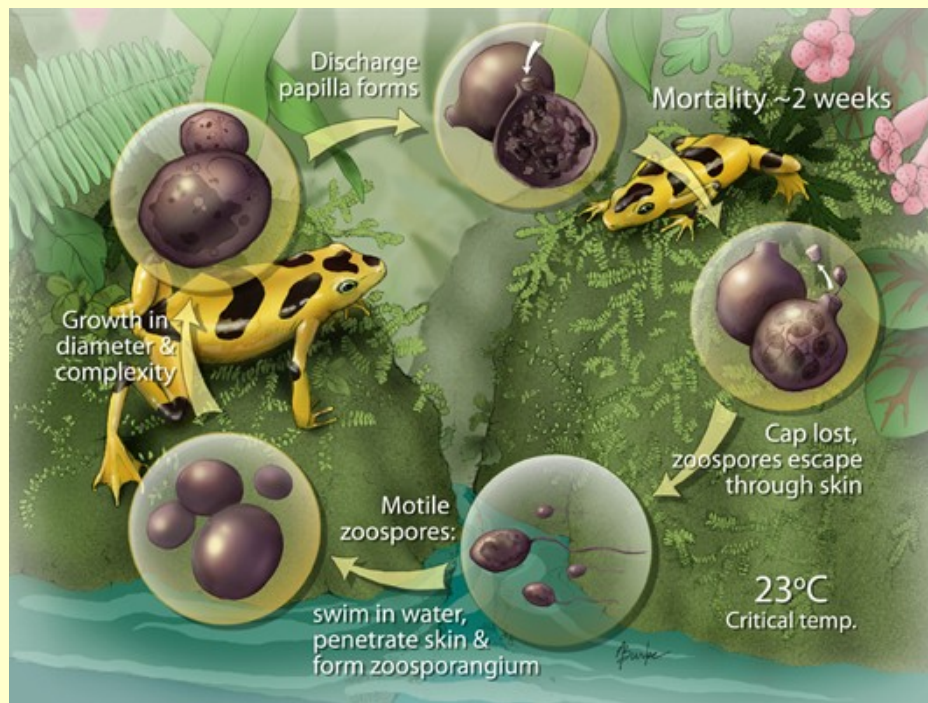
### Životní cyklus *Batrachochytrium dendrobatidis*

Zdroj: D. Knight, The world of frogs, Chytrid fungus;  
<http://theworldoffrogs.weebly.com/chytrid-fungus.html>

Rozbor problematiky v češtině:

Civiš et al., Chytridiomykóza – hrozba pro naše obojživelníky?

<http://www.casopis.ochranaprirody.cz/res/data/020/002383.pdf>



***Rhizophlyctidales*** (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0953756208000993>)

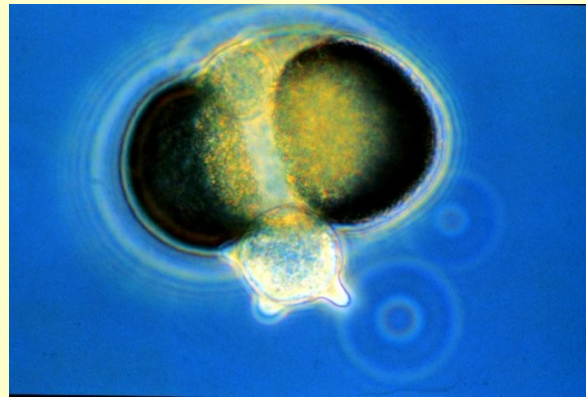
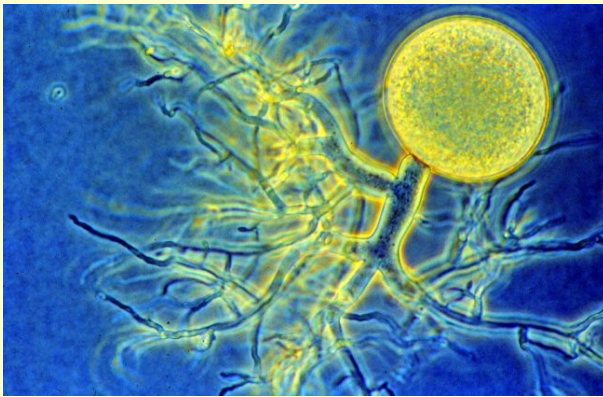
- půdní houby, degradující celulózu
- na stélce (eukarpická, monocentrická) se tvoří interbiotické sporangium, které je buď inoperkulátní nebo endo-operkulátní s jedním nebo více kanálky, kterými jsou uvolňovány zoospory
- kinetosom bičíku svírá ostrý úhel ( $< 40^\circ$ ) s druhým kinetosomem, který je k němu podélně připojen fibrilárním můstkem
- v cytoplazmě ribosomy (rozptýlené nebo ve shlucích), jedna nebo více lipidových globulí, ale nebyly pozorovány mikrotubuly

***Lobulomycetales*** (<http://digitalcommons.library.umaine.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1684&context=etd>)

- saprotrofové v půdě, sladké nebo mořské vodě, preferují kyselé prostředí
- eukarpická monocentrická stélka s endogenním vývojem, rhizoidy vybíhají do šířky 0,5–1,5  $\mu\text{m}$
- oproti většině chytridií postrádají na ultrastrukturní úrovni:
  - = Golgiho aparát
  - = mikrotubulární kořeny
  - = [striated inclusion]
  - = neprůhledná tělíska kolem kinetosomu
  - = rumposom nebo cisternu s otvory napojenou na lipidové globule

## Spizellomycetales

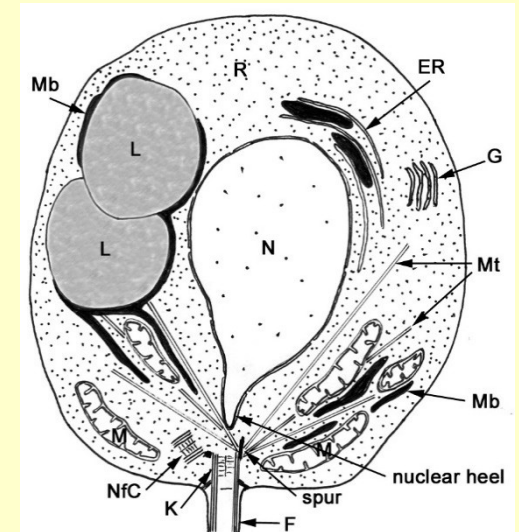
- řád byl vymezen dle znaků v ultrastruktuře zoospor (viz kresbu vpravo):
- = jádro leží blízko kinetosomu nebo je přímo propojeno s jeho kořeny
- = mikrotubuly vybíhající radiálně od kinetosomu do přední části buňky
- = není přímé propojení mezi mitochondriemi a microbody-lipidovým komplexem
- další znaky:
- = rumposom chybí
- = ribosomy jsou rozptýlené v cytoplazmě
- = kinetosom bičíku a druhý kinetosom nejsou rovnoběžné, svírají určitý úhel
- = v přechodné zóně kinetosomu není žádná neprůhledná [electron-opaque] hmota



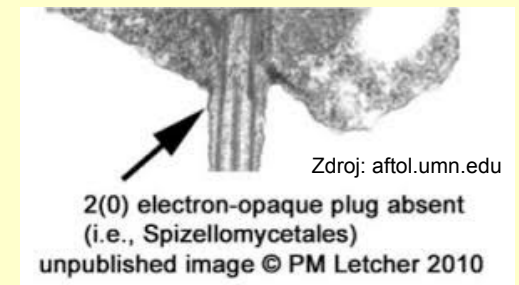
Vlevo: *Spizellomyces punctatus*, sporangium se systémem rhizoidů (snímek z kultury).

Vpravo: *Spizellomyces pseudodichotomus*, sporangia v/na pylovém zrnu.

Foto Don Barr; <http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/barr.html>

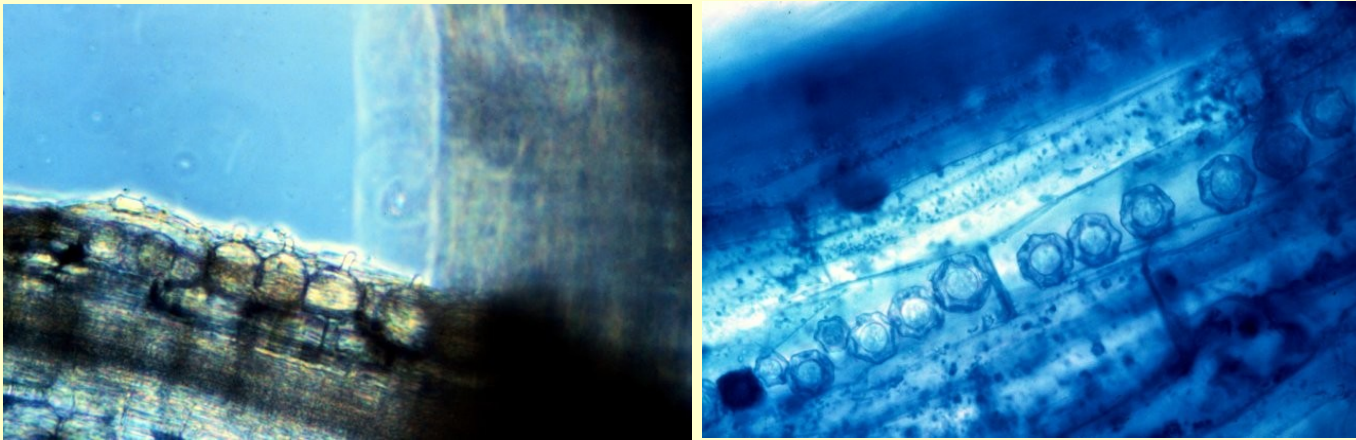


<http://bama.ua.edu/~nsfpeet/Spizellomyces%20zoospores.htm>



Mezi organismy, které aktuálně nejsou pevně zařazeny v systému hub (taxony standardně označované „incertae sedis“), je mimo jiné rod *Olpidium* (nepatří do řádu *Spizellomycetales*, kam byl tradičně řazen) – zůstává prozatím „viset v luftu“ mezi dílčími vývojovými větvemi chytridií a spájivých hub.

***Olpidium brassicae*** (lahvičkovka zelná, české jméno podle tvaru endobiotických zoosporangií), parazitický druh způsobující padání klíčnic rostlinek brukvovitých (odumření hypokotylu), navíc fungující jako vektor virů



*Olpidium brassicae* v kořenových buňkách – vlevo sporangia, vpravo odpočívající spory.

Foto Don Barr; <http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/barr.html>

## MONOBLEPHARIDOMYCETES

- nejodvozenější skupina chytridiomycet, zřejmě konečný vývojový článek
- hlavně vodní a půdní saprofyté
- rozvětvené cenocytické mycelium s pseudosepty (pravá septa oddělují pouze gametangia), jednodušší typy mají stélku nevětvenou
- nepohlavní rozmnožování zajišťují autospory nebo zoospory s těmito znaky:
  - = kinetosom bičíku rovnoběžný s druhým kinetosomem, z disku v oblasti kinetosomu vybíhají mikrotubuly směrem do přední části buňky
  - = ribosomy nahloučené kolem jádra = microbody přiléhá k rumposomu
- pohlavní proces: oogamie – oplození nepohyblivých oosfér spermatozoidy (anterozoidy); u různých druhů typ epigynní (s oogoniem umístěným terminálně) nebo hypogynní (oogonium je umístěno subterminálně pod anteridiem)



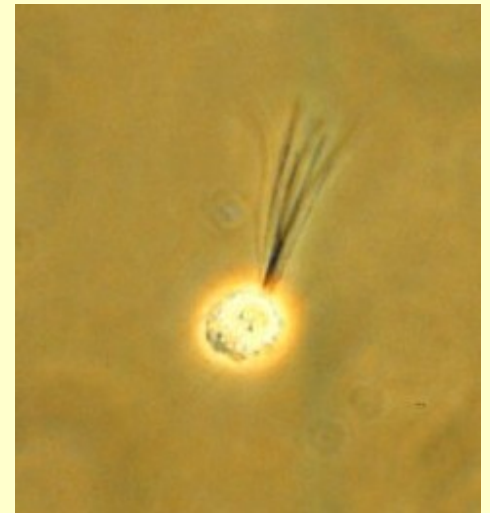
*Monoblepharella* sp., stélka s anteridii (protáhlé útvary) a oogonii; tlustostěnné kulaté útvary jsou pravděpodobně trvalé spory vzniklé z oplozených oosfér.

Foto Don Barr; <http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/barr.html>

## NEOCALLIMASTIGOMYCOTA (samostatná vývojová linie mimo chytridie)

[jediná čeleď *Neocallimastigaceae* v řádu *Neocallimastigales*]

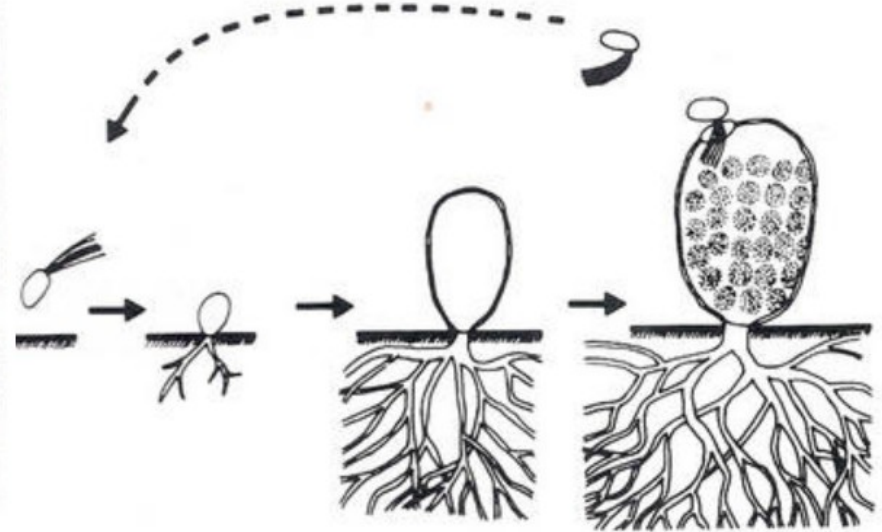
- obligátně anaerobní saprobionti, žijící v trávicím traktu (bachoru nebo střevech) býložravých savců, kde se podílí na rozkladu sacharidů (ve zřejmé symbióze s bakteriemi a protozoálními mikroorganismy)
- není vyloučeno, že se mohou vyskytovat i v jiných typech anaerobního prostředí (ve vodních či suchozemských ekosystémech)
- stélka monocentrická nebo polycentrická
- postrádají mitochondrie, namísto nich mají redukované hydrogenosomy
- mitóza uzavřená, jaderná blána zůstává zachována
- vytvářejí jedno- nebo mnohobičíkaté zoospory (viz snímek níže); s kinetosomem je spojen komplex mikrotubulů, vybíhajících kolem jádra







**Plate 3.1** Scanning electron-micrographs of sporangia of rumen anaerobic fungi attached to lucerne stem from rumen digesta of a steer 24 hours after feeding. Bar marker = 50µm (Source: Bauchop 1985).



**Figure 3.3** Life cycle of the anaerobic fungi in the rumen showing the release of the zoospores from the sporangia and re-infection of particulate digesta (Source: Bauchop 1985).



**Plate 3.2** Scanning electron-micrographs of sporangia of rumen anaerobic fungi on red clover fragments from the digesta of a steer 24 hours after feeding with meadow hay. Bar marker = 50µm (Source: Bauchop 1985).



**Plate 3.3** Rumen anaerobic fungi colonising wheat straw leaves that had been incubating in a nylon bag in the rumen for 24 hours. Bar marker = 50µm (Source: Bauchop 1985).

První skupinou, odštěpenou v rámci změn pojetí systému od parafyletického oddělení *Chytridiomycota*, byl řád *Blastocladales* (mj. pro chybějící diktyosomy). Tento řád stojí naopak blízko skupině *Zygomycota*; buď představuje rovnocennou sesterskou skupinu nebo možná i skupinu, ze které se spájivé houby vyvinuly.

## BLASTOCLADIOMYCOTA

[taxon klasifikovaný v pojetí některých autorů též na úrovni třídy *Allomyces*]

- aerobní nebo fakultativně anaerobní organismy, žijící ve vodním i suchozemském prostředí jako saprobionti nebo parazité hub, rostlin nebo živočichů
- cenocytická stélka, mono- nebo polycentrická
- bičíkaté zoospory charakterizují následující znaky:
  - = od kinetosomu vybíhají mikrotubuly kolem membrány jádra kuželovitého tvaru (zúžené směrem ke kinetosomu; na druhé straně k němu přiléhá masa ribosomů obalených společnou membránou)
  - = v přechodové zóně kinetosomu není neprůhledná zátka
  - = na jedné straně buňky je vytvořen side-body complex (microbodies + lipidové globule)
- pohlavní proces: izogamie či anizogamie (pohyblivé gamety)
- poprvé u hub se objevuje rodozměna v případě haplo-diplobiotického živ. cyklu
- zástupci: *Allomyces* (půdní druhy), *Blastocladia* (půdní i vodní saprotrofové), *Physoderma* (parazité cévnatých rostlin), *Coelomomyces* (parazité členovců)

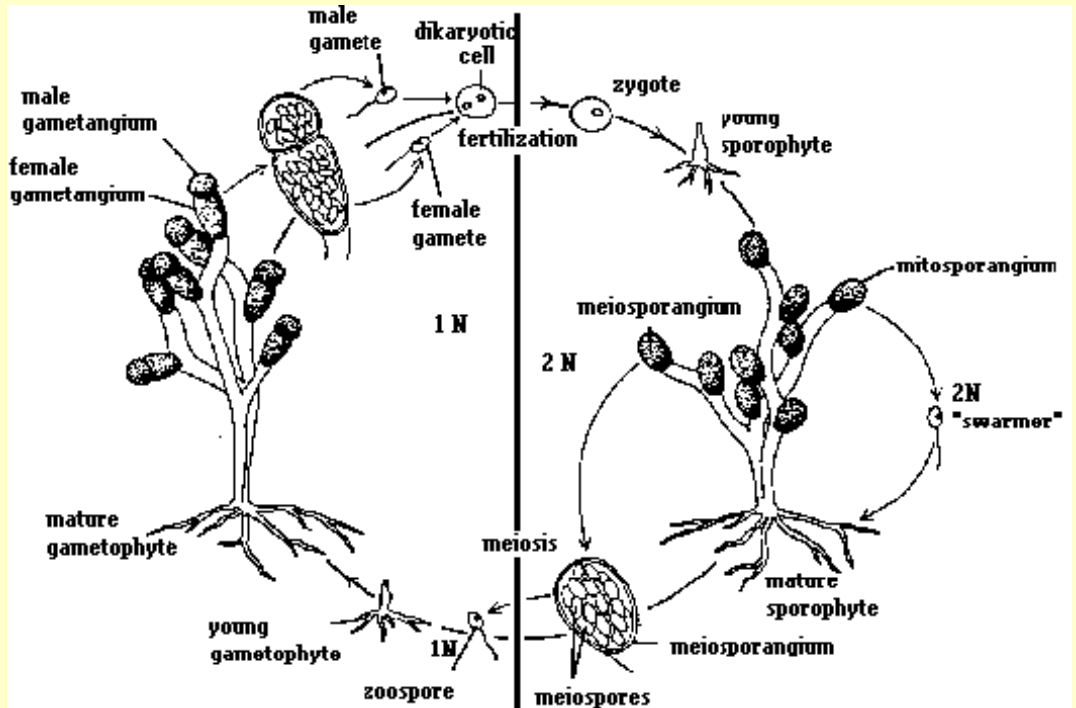
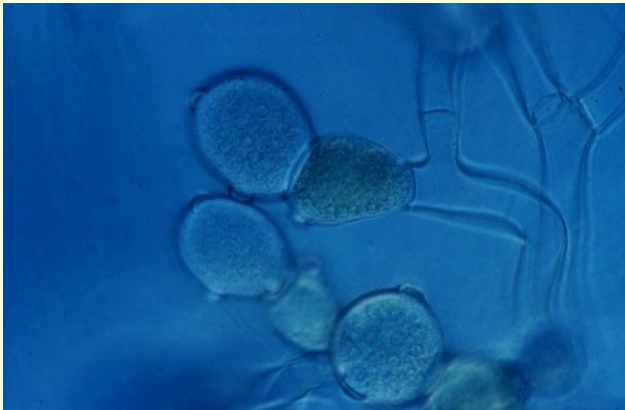


Nahoře: *Blastocladia emersoni*, sporangiofor se sporangiem; na bázi je viditelný systém rhizoidů.

Uprostřed: *Allomyces arbuscula*, gametangia: v terminální pozici anteridia, pod nimi oogonia.

Dole: *Allomyces arbuscula*, odpočívající spory (po klidovém období se stávají sporangii, z nichž se uvolňují zoospory).

Foto Don Barr; <http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/barr.html>



## ZYGOMYCOTA – HOUBY SPÁJIVÉ (dnes již jen pomocná skupina)

mnohojaderné cenocytické mycelium (u odvozených skupin i přehrádky)

základní složka buněčných stěn chitin, doprovázený chitosanem, příp. jinými cukry

**nepohlavní rozmnožování – sporangiospory**, příp. tlustostěnné chlamydospory a jiné typy nepohlavních spor

pohlavní rozmnožování – gametangiogamie, vzniká **zygospora** (zygosporangium)

V tradičních systémech stojí toto oddělení na bázi vývoje skupiny *Eumycota* neboli vlastních hub, stojící vývojově „nad“ nejprimitivnějším skupinou hub, oddělením *Chytridiomycota*. Již dlouho je zpochybňována prezence/absence bičíkatých stadií coby znak, na němž je založena separace taxonů na tak vysoké úrovni, jakou představuje oddělení (u jiných skupin organismů tomu tak není).

Již u oddělení *Chytridiomycota* jsme si navíc zmínili, že jde zřejmě o taxon parafyletický, a zmíněna byla i zřejmá příbuznost oddělení *Blastocladiomycota* (resp. třídy *Allomyces* v některých systémech) právě se spájitými houbami.

Aby to nebylo tak jednoduché, ani tradičně pojímané oddělení *Zygomycota* není monofyletickou skupinou. V první řadě byly odštěpeny skupiny symbioticky žijících hub, řazené následně do samostatného oddělení *Glomeromycota*.

Minulosti již patří i ekologicky vymezená třída *Trichomyces* – přinejmenším jeden (u *Amoebidiales* to bylo zřejmé již dlouho), ale dnes už dva řády (na základě molekulárních dat též *Eccrinales*) vůbec nepatří mezi houby (více u této ex-třídy).

The Zygomycota are thought to have diverged from the remaining fungi before the colonization of land by plants 600-1,400 million years ago (Berbee and Taylor 2001; Heckman et al. 2001).

Molecular phylogenetic studies place the Zygomycota near the base of the kingdom Fungi, diverging after the Chytridiomycota, the most basal fungal lineage (James et al. 2006; White et al. 2006). However, as presently circumscribed, it is uncertain whether the Zygomycota represent a monophyletic group. Studies using SSU rDNA sequence data have generated molecular phylogenies suggesting the Zygomycota may be either para- or polyphyletic (Bruns et al. 1992; Tanabe et al. 2000, 2004). With the recent removal of the Glomales from the Zygomycota (Schüßler et al. 2001), this phylum is restricted to species which form zygospores through mycelial conjugation, at least in those species where sexual reproduction is known.

Prior to the use of molecular phylogenetics, the Zygomycota were classified into two classes, the Zygomycetes and Trichomycetes (Alexopoulos et al. 1996). Analyses of SSU rDNA sequences, however, have shown that the Trichomycetes are polyphyletic, comprising what we now know are Ichthyosporean protozoans related to animals (Benny and O'Donnell 2000; Ustinova et al. 2000) and also some true Fungi, the Harpellales, which are nested within the Zygomycetes (O'Donnell et al. 1998; Tanabe et al. 2000).

Although relationships among the orders are poorly understood, analyses of RPB1 DNA sequences resolved a clade comprising the Kickxellales-Harpellales-Dimargaritales (Tanabe et al. 2004).

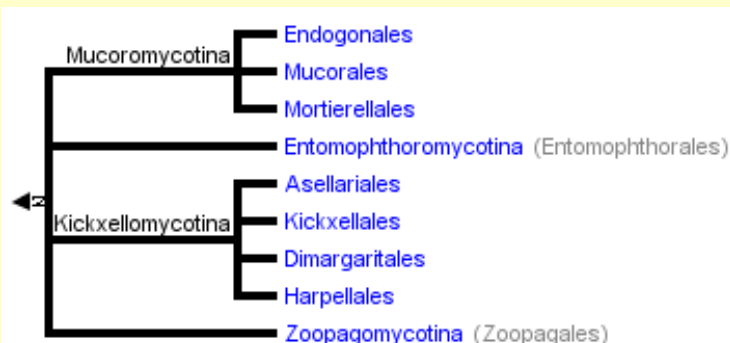
A morphological synapomorphy for this clade is the possession of a uniperforate septum with a lenticular cavity (Figure 10; Benny et al. 2001). A large-scale phylogeny of the Mucorales, using three genes and at least one member of each recognized genus, suggests that several of the largest families and the two largest genera (Mucor and Absidia) are polyphyletic (O'Donnell et al. 2001).

<http://tolweb.org/Zygomycota/>

Podíváme-li se na zbytek spájivých hub (mimo trichomycety), různé molekulární studie přinášejí informace o příbuzenských vztazích s různými zástupci oddělení *Chytridiomycota* a *Blastocladiomycota*. Jsou-li tedy dnes na společnou vývojovou větev kladeny *Blastocladales* (resp. *Allomyces*) se spájivými houbami, je nutno rovnou dodat, že se tato skutečnost týká pouze některých řádů tradiční třídy *Zygomycetes* – bohužel interpretace různých autorů se neshodují v názoru na to, které řády lze vývojově klást vedle předků *Blastocladales* a které naopak odvodit od vlastních chytridií, typicky řádu *Chytridiales*.

Jisté je jedno – tak jako tradiční *Chytridiomycota* jsou taxonem parafyletickým, jsou tradiční *Zygomycota* taxonem polyfyletickým a zaběhlé „horizontální“ členění na „bičíkaté“ a „bezbičíkaté“ houby by mělo být výhledově nahrazeno systémem „vertikálním“, kde taxony kopírují jednotlivé vývojové větve.

Aktuální členění na 4 pododdělení:



### Fylogenetický původ spáj. hub poblíž mikrosporidií?

Though controversial, congruent evidence from alpha- and beta-tubulin gene phylogenies support a zygomycete origin of the microsporidia, a group of highly reduced obligate intracellular parasites of a wide variety of animals including humans (Keeling et al. 2000; Keeling 2003). Because several microsporidian species have emerged as major pathogens of immuno-compromised patients over the past two decades, this enigmatic group has received considerable attention recently by the scientific community. Placement of the microsporidia, however, remains controversial.

## Obecná charakteristika spáživých hub:

**cenocytické mnohojaderné mycelium** (přehrádky oddělují reprodukční struktury nebo se vyvíjejí na starších hyfách)

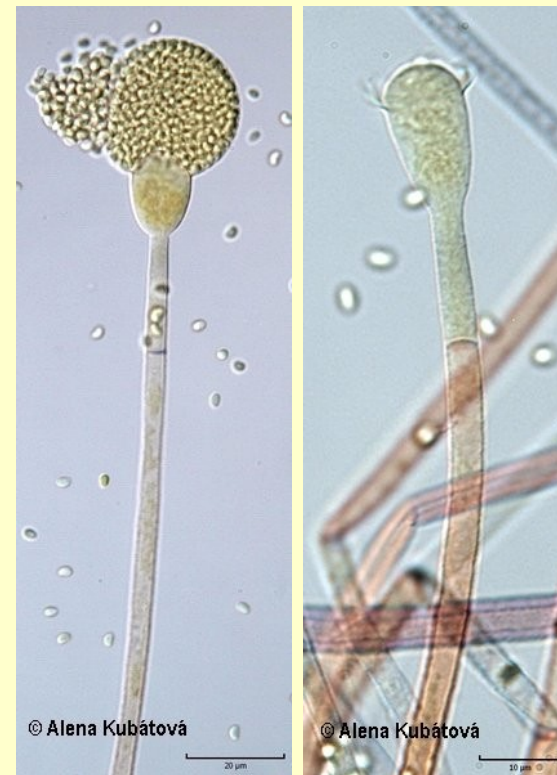
někdy tvorba rhizoidů, jejichž svazečky jsou spojeny tzv. stolony (hyfy s poléhavým růstem, rozrůstající se na povrchu substrátu)

### **nepohlavní rozmnožování: sporangia**

apofýza – rozšířená část sporangioforu pod sporangiem (snímek vlevo)

kolumela – zakončení sporangioforu uvnitř sporangia

límeček – zbytek stěny sporangia (zde je přechod mezi apofýzou a kolumelou, viz snímek vpravo)



<http://botany.natur.cuni.cz/cs/book/export/html/972>

u původních typů mnohosporová sporangia, vývojová tendence vede až k monosporickému typu (sporangia mají podobně jako u odd. *Peronosporomycota* 2 stěny – stěnu sporangia a stěnu spory – to je zásadní rozdíl oproti konidii!)

### **pohlavní rozmnožování:**

izo-, méně často anizogametangiogamie (též označení "**zygogamie**")

**homothalické** druhy – kopulace gametangií i ze stejného mycelia,

**heterothalické** druhy – gametangia musí být z pohlavně různých mycelií (+ a –)

gametangia a následně **zygosporangia** (1) jsou nesené **suspensory** (2)

u některých zástupců na suspenzorech vyrůstají hyfy, které obalují zygosporu (u některých až úplně) - předzvěst tvorby plodnice u vývojově pokročilejších oddělení (připomínají primitivní kleistothecium vřeckatých hub, př. r. *Endogone*)  
k redukčnímu dělení dochází při zrání nebo klíčení zygospory

někteří zástupci i **somatogamie**

hablobiotický životní cyklus

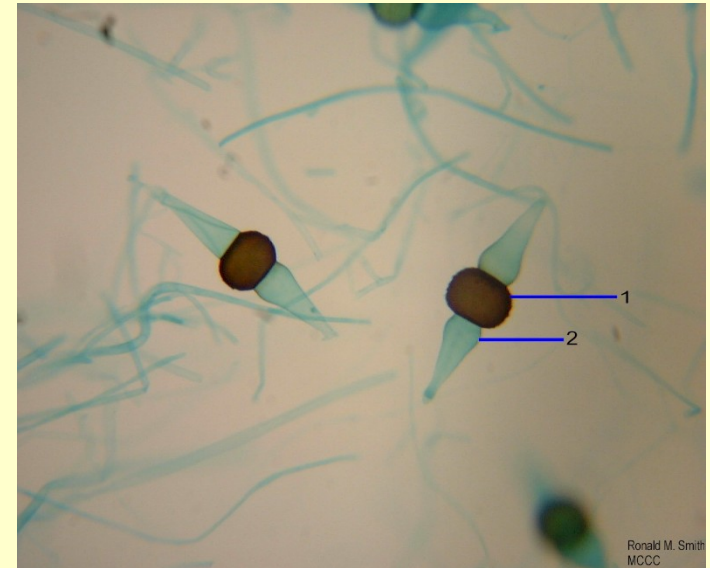
**výskyt, ekologie:**

saprofyté půdní, koprofilní aj., některé skupiny zahrnují parazity rostlin, hub i živočichů

druhy z ř. *Endogonales* – ektomykorhiza (oproti arbuskulární mykorhize, typické pro druhy ze skupiny *Glomeromycota*, viz dále)

řada druhů využívána v biotechnologii pro produkci různých látek

mnoho různých zástupců a jejich struktury představuje atlas spájivých hub s českými popisy: <https://botany.natur.cuni.cz/cs/book/export/html/501>





## MUCOROMYCOTINA

- saprobionti, některé druhy přecházejí fakultativně k mykoparazitismu, jiné mají ektomykorhizní vztah
- mycelium větvené, mladé hyfy cenocytické, u starších hyf někdy dochází k tvorbě sept, perforovaných mikropory
- nepohlavní rozmnožování: tvorba sporangií, případně modifikací jako jsou sporangioly (obsahují malé množství spor, mohou se tvořit i bočně vedle větších sporangií), merosporangia (v nich dochází k tvorbě spor v řetězcích)  
= vzácně se tvoří chlamydospory, arthrospory nebo blastospory
- pohlavní rozmnožování: tvorba víceméně kulovitých zygospor  
= suspensory jsou u různých zástupců umístěny vedle sebe nebo proti sobě

## řád *Mucorales*

mycelium ± cenocytické (přehrádky oddělují pohlavní orgány, případně se vzácně tvoří na starších úsecích mycelia)

existují i dimorfické druhy, u nichž se tvoří i pučivá kvasinkovitá stélka



sporangia mnohosporová (až 1000 spor), s kolumelou, u odvozenějších typů méně spor ve sporangiu (až jedna – nesprávně označ. "konidie")

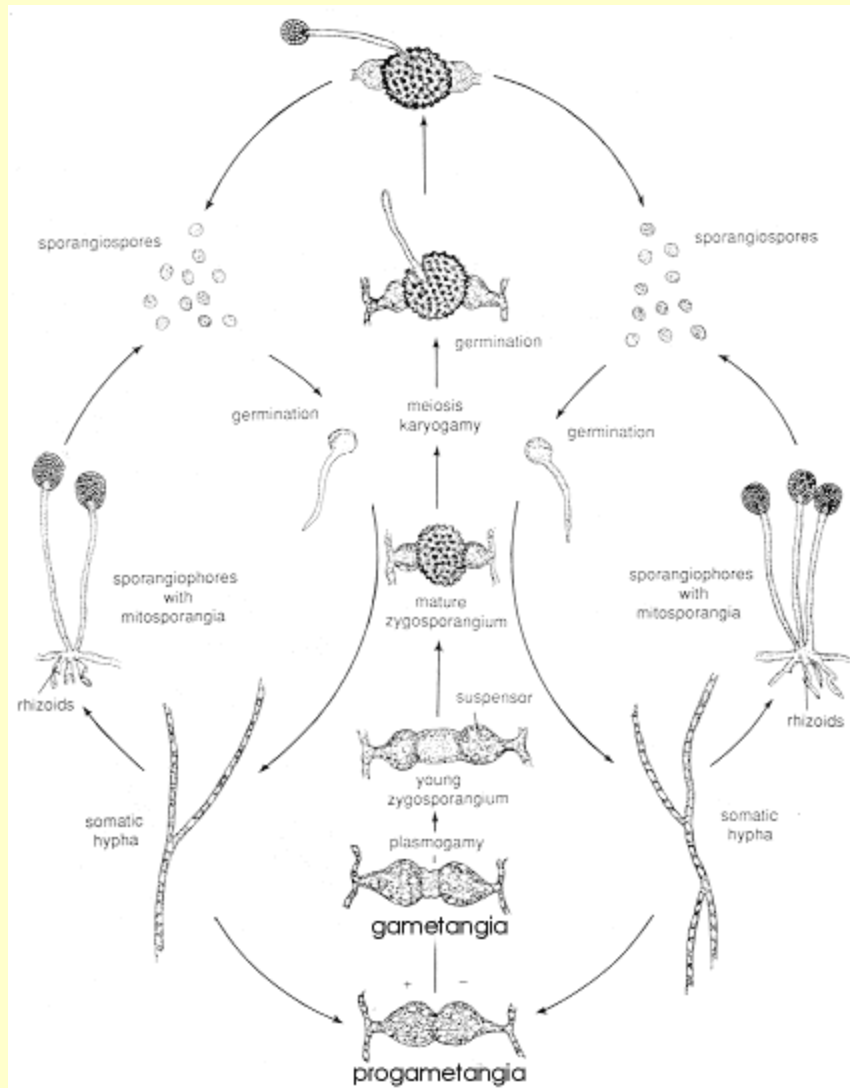
pohlavní rozmnožování: zpravidla heterothalismus, izogamentangiogamie, **zygospory narůstají typicky na protistojných suspensorech**

někt. druhy též partenogeneticky tvoří azygospory

výskyt: většinou saprofyté na půdě, trusu, potravinách, některé druhy parazitické

využití: fermentace cukrů a bílkovin (produkce alkoholů), výroba různých organických kyselin (kys. fumarová, mléčná, citronová aj.)

řada zástupců potenciálně patogenní (i na člověku - zygomycetózy)



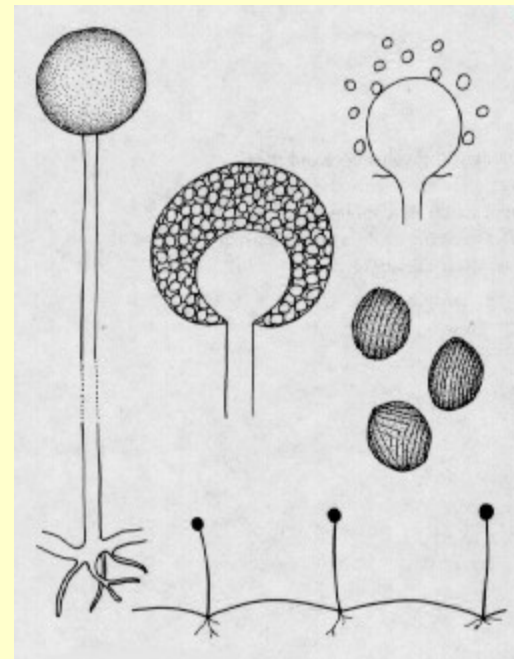
životní cyklus *Rhizopus nigricans*

zástupci řádu *Mucorales*:

*Mucor mucedo* (plíseň hlavičková)  
na koňském trusu a zbytcích rostlin

*Zygorhynchus* - homothalický rod,  
gametangia různé velikosti (anizo-  
gametangiogamie)

*Rhizopus* (kropidlovec) - svazečky  
sporangioforů s rhizoidy, spojené stolony  
zástupci schopni zkvašovat cukry

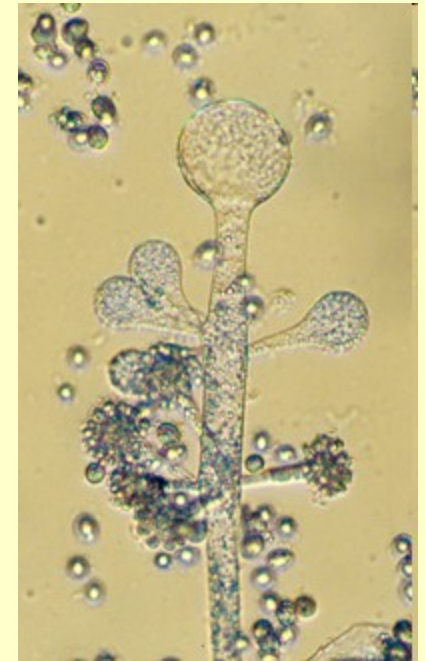
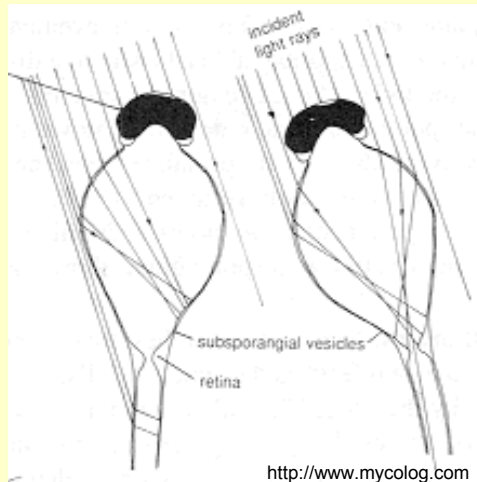




*Spinellus* (houbáš, ježohubka)

- zástupci parazitují na kloboukatých houbách  
(hlavně na helmovkách)

*Cunninghamella echinulata* - sporangia  
redukovaná na ostnitě monosporické  
sporangiole vyrůstající na měchýřcích na  
koncích větví



<http://www.zygomycetes.org/index.php?id=96>

*Pilobolus* (měchomršť) - koprofilní zástupci; aktivní otáčení sporangia za světlem => tlak nakonec odmrští celé sporangium až 2 m daleko, to se zachycuje na vegetaci, je spaseno dobyt看kem a po průchodu trávicím traktem spory klíčí na exkrementu

## řád *Endogonales*

podzemní druhy (nebo v opadu žijící), starší mycelia přehrádkovaná

pohlavní proces: anizogametangiogamie, gametangia při kopulaci postavena paralelně (tím pádem jsou pak suspensory na zygospoře v apozici = vedle sebe)

zygospory se tvoří na tzv. epigoniu (výrůstku většího gametangia),  
v ontogenezi je časový posun plazmo- a karyogamie (dočasně dvojjaderný stav)

sporokarp - zygospora hustě obalená hyfami (tvoří se pletivný útvar, vypadá jako primitivní plodnice)

zástupci saprotrofní nebo ektomykorizní  
(rod *Endogone*)

*Endogone flammicorona*

dřívější teorie: jsou to vývojoví předchůdci  
vřeckatých hub? (dokonce byly tyto houby  
řazeny i mezi kleistotheциální askomycety)

- přehrádky v myceliu,
- oddálení plazmogamie a karyogamie,
- tvorba sporokarpů

... dnes už se o tom neuvažuje,  
jde o věc vývojové konvergence



Z řádu *Mucorales* byly vyčleněny rody tvořící sporangia s chybějící nebo rudimentární kolumelou; toto vyčlenění potvrdily i další analýzy ukazující i na možnou příbuznost s řádem *Basidiobolales* nebo dokonce i *Chytridiales*. Nejprve jako řád *Mortierellales* zachovaný v pododdělení *Mucoromycotina*.

### MORTIERELLOMYCOTINA [1 čeleď *Mortierellaceae* v řádu *Mortierellales*]

- mycelium s dichotomicky větvenými hyfami, mezi nimi se tvoří anastomózy; rhizoidy se tvoří jen příležitostně
- na hyfách se vytvářejí stylospory (stopkaté chlamydo-spory)
- nedochází k tvorbě mnohojaderných „giant cells“
- jemně větvené mycelium se zprvu rozrůstá horizontálně, posléze dochází k tvorbě vzpřímených hyf, nesoucích sporangia nebo sporangioly
- sporangiofory (sporangiferní hyfy) na bázi ztlustlé, vzpřímené a prodloužené směrem k vrcholu, zpočátku cenocytické, ale ve zralosti nepravidelně septované
- sporangia kulovitá, mnohosporová, chybí v nich kolumela
- spory kulovité až elipsoidní nebo nepravidelného tvaru, na povrchu hladké nebo s ornamentikou
- většinou heterothalické druhy, u kterých kopulují nestejně velká gametangia; různě velké jsou pak i suspensory
- zygo-spory jsou u většiny zástupců „nahé“, jen vzácně s hyfovým obalem

– zástupci jsou saprotrofové nebo saproparazité (i na jiných houbách, viz foto)



*Mortierella armillariicola*

Foto J. K. Lindsey;

<http://www.commanster.eu/commanster/Mushrooms/Asco/AAasco/Mortierella.armillariicola.html>

*Mortierella vinacea*, sporangium

# ENTOMOPHTHOROMYCOTINA

- fakultativní nebo obligátní parazité rostlin, hub i živočichů (i lidí), především však hmyzu, roztočů a pavouků
- pohlavní rozmnožování: tvorba tlustostěnných zygospor; jde striktně o homothalické houby (nejsou známi heterothaličtí zástupci)
- nepohlavní rozmnožování: tvorba jednotlivých buněk (nepřesně „konidií“), které jsou aktivně uvolňovány; často se z nich tvoří sekundární „konidie“

Foto: George Barron.  
Zdroj: Timothy Y. James and Kerry O'Donnell.  
2007, Zygomycota; <http://tolweb.org/Zygomycota>.



## **řád *Entomophthorales***

mycelium v mládí cenocytické, záhy přehrádkované (úplné přehrádky), u řady zástupců se rozpadá na tzv. hyfová tělíska (jedno- či mnohojaderná)  
pohlavní proces: (an)izogametangiogamie, někdy kopulace hyfových tělísek (somatogamie) či tvorba azygospor

*Entomophthora muscae* – původce mušího moru  
sporangium vyklíčí na povrchu těla mouchy ve vlákno  
=> vrostle dovnitř => rozroste se a rozpadne na hyfová tělíska; moucha uhynie => na povrchu těla vyrostou sporangiofory => monosporická sporangia („konidie“) aktivně vystřelena (lepkavý povrch - další infekce)





The Entomophthorales appears to be one of the most distinctive and problematical lineages of Zygomycota for two reasons: 1) SSU rDNA analyses suggest that it may be more closely related to the Blastocladales (Chytridiomycota) (James et al. 2000; Tanabe et al. 2004), rather than other Zygomycota, and 2) they are morphologically distinct from other Zygomycota in the way their sporangia are formed and in the frequent production of secondary sporangiospores (Cole and Samson 1979; Benny et al. 2001).

Phylogenetic placement of one of the most problematic species, *Basidiobolus ranarum*, is uncertain (Jensen et al. 1998), but a recent phylogenetic analysis using RPB1 sequence data suggests that it is nested within the Zygomycota (Tanabe et al. 2004). However, this species appears to be distinct from the Entomophthorales with which it has been classified traditionally. Although *B. ranarum* possesses many of the features of other entomophthoralean species, such as forcibly discharged spores, morphologically similar zygosporangia, and symbiotic associations with insects (Krejzova 1978; Blackwell and Malloch 1989), this species does not appear to group with other Entomophthorales in molecular phylogenetic studies using SSU rDNA sequences (Nagahama et al. 1995; James et al. 2000).

*Basidiobolus* spp. possess centriole-like nuclear-associated organelles (McKerracher and Heath 1985; Cavalier-Smith 1998), however, only members of the Chytridiomycota, the only flagellated true Fungi, possess functional centrioles.

<http://tolweb.org/Zygomycota/>

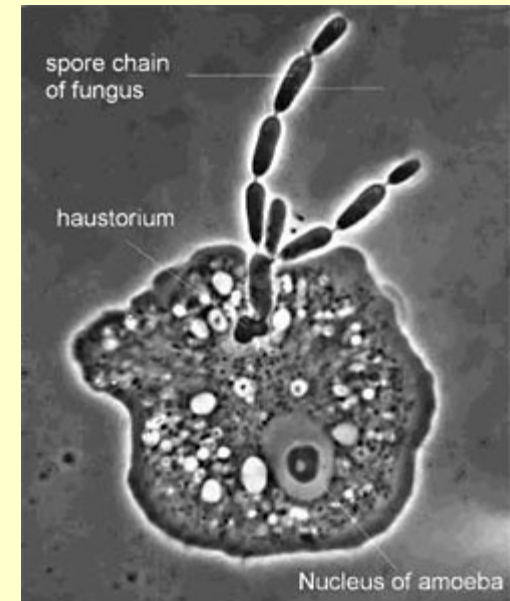
## řád *Basidiobolales*

vyčleněný z předchozího řádu; kromě subsporangialního vaku je odlišným znakem také procentriola (podle teorie redukováný kinetosom), obdobná jako u některých chytridií; též výsledky některých molekulárních studií sblížují tento řád s *Chytridiales*

saprotrofní houby, zástupce např. *Basidiobolus ranarum* na trusu žab a ještěrek

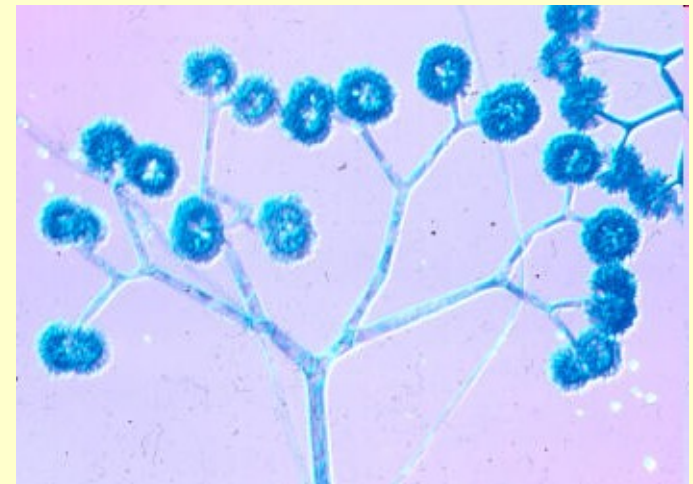
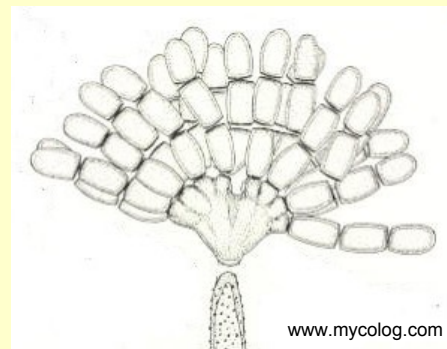
## ZOOPAGOMYCOTINA [jediný řád *Zoopagales*]

- obligátní parazité půdních hub (*Mucorales*), prvoků (*Rhizopoda*) a živočichů (např. *Nematoda*)
- mycelium cenocytické, ve stáří septované
- nepohlavní rozmnožování: tvorba monosporických sporangií („konidií“) nebo řetízkových merosporangií
- pohlavní rozmnožování: tvorba kulovitých zygospor se suspensory v apozici (vedle sebe)
- zástupci: např. *Zoophagus* - parazit vířníků (pozor, jména vyšších taxonů nejsou založena na tomto rodu, ale na jménu rodu *Zoopage*); *Piptocephalis* - parazit *Mucorales*, který tvoří spory v paprscitě uspořádaných opadavých merosporangiích (viz obrázky dole)



*Amoebophilus simplex* čerpá živiny haustoriem vnořeným do hostitelské buňky.

Zdroj: Timothy Y. James and Kerry O'Donnell. 2007, Zygomycota; <http://tolweb.org/Zygomycota>. Foto: George Barron.



## KICKXELLOMYCOTINA

- houby saprotrofní, parazitické (na jiných houbách) nebo žijí v obligátní symbióze
- stélka vyrůstá z místa, kde je přichycena na hostiteli (v případě haustoriálních parazitů) nebo vytváří přehrádkované subaerické hyfy
- hyfy tvořící mycelium jsou pravidelně přehrádkované (ve středu septa je otvor, uzavíratelný zátkou), větvené nebo nevětvené
- nepohlavní rozmnožování: tvorba merosporangií (obsahujících 1 nebo 2 spory), trichospor nebo arthrospor
- pohlavní rozmnožování: tvorba zygospor různého tvaru (kulovitých, bikónických nebo alantoidních = ledvinitých a stočených)

V rámci tohoto taxonu se scházejí řády dosti vzdálené ostatním spájivým houbám; na základě molekulárních dat vykazují příbuznost některé skupiny řazené mezi vlastní *Zygomycetes* se zástupci ex-třídy *Trichomycetes* a nově i *Glomeromycota*.

### **řád *Dimargaritales* [1 čeleď *Dimargaritaceae*]**

- obligátní parazité hub (typicky *Mucorales*), pronikají haustorii do hostitel. buněk
- mycelium pravidelně přehrádkované, přehradky se zátkami; septa perforována otvorem čočkovitého tvaru
- nepohlavní rozmnožování: tvorba spor v bisporických merosporangiích
- pohlavní rozmn.: somatogamie, zygospory často s ornamentovanou stěnou

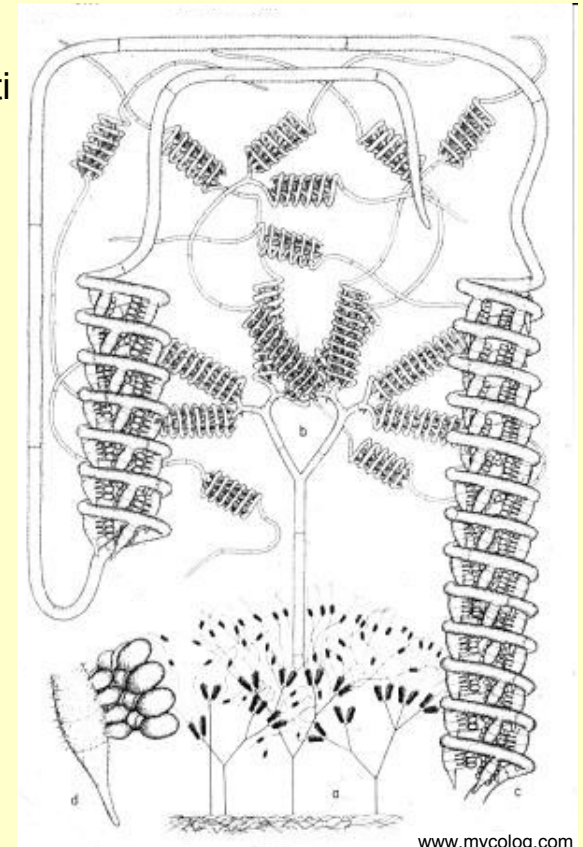
## řád *Kickxellales* [1 čeleď *Kickxellaceae*]

- většinou půdní nebo kopofilní saprotrofové, méně často parazité jiných hub
  - myceliální hyfy jsou přehrádkované, septa s čočkovitým otvorem
  - nepohlavní rozmnožování: monosporická sporangia (příp. merosporangia) se tvoří na specializovaných větvích (tzv. sporokladiích)
  - pohlavní rozmn.: zygospory podobné jako u *Dimargaritales*, suspensory stejné
- rod *Spirodactylon* – saprotrof na trusu myší a krys

kresba vpravo: složitě utvářené sporangiofory slouží k uchycení v srsti

*Dispira cornuta* (*Dimargaritales*, viz předchozí stranu),  
spotangiofory s bisporickými merosporangii.

Zdroj: Gerald L. Benny, <http://zygomycetes.org/index.php?id=115>



Někdejší třída *Trichomycetes* je polyfyletická skupina, jejíž řády byly pospolu provizorně zařazeny na základě společné ekologie: žijí v zaživ. traktu členovců.

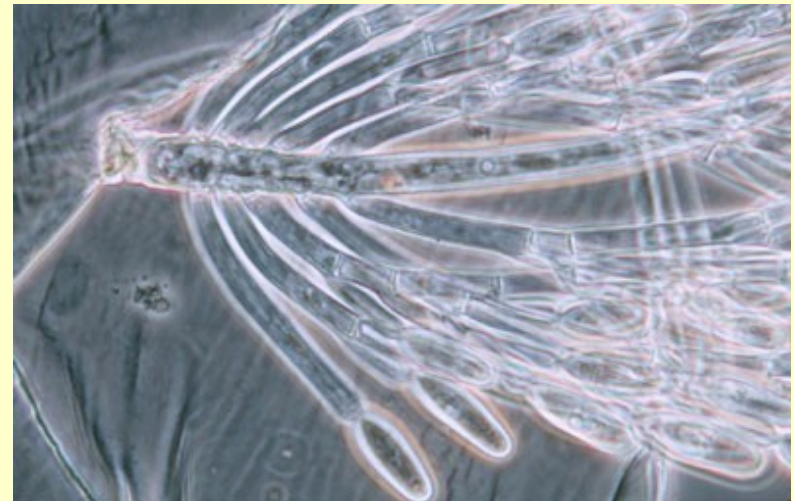
- mycelium je pouze přichyceno na stěnách, neproniká do buněk
- pravděpodobně komenzálové (přiživují se na potravě živočichů)
- pohlavní proces: konjugace pozorována u *Harpellales* a *Asellariales*, u obou je již známa i tvorba zygospor (pouze tyto dva řády mají dnes své pevné místo v ekologické skupině *Trichomycetes*, zbylé dva nepatří mezi houby)

### řád *Harpellales*

- žijí v larvách sladkovodního hmyzu, vláknitá stélka vyrůstá z bazální buňky, přichycené ke stěně trávicí trubice hostitele
- přehrádkované mycelium (v septech čočkovitý otvor), větvené nebo nevětvené
- nepohlavní rozmnožování: bočně narůstající trichospory (protáhlá monosporická sporangia)
- pohlavní rozmnožování: tvorba zygospor kónického nebo bikónického tvaru

*Genistellospora homothallica*, tvorba trichospor na stélce, přichycené na stěně trávicí trubice.

Zdroj: Timothy Y. James and Kerry O'Donnell. 2007, Zygomycota; <http://tolweb.org/Zygomycota>.  
Foto: © 2000 Misra and Lichtwardt .



## řád *Asellariales*

- žijí v trávicím traktu korýšů (*terrestričtí, sladkovodní i mořští Isopoda*) nebo chvostoskoků
- větvené přehrádkované mycelium
- rozmnožují se arthrosporami, které se oddělují od mateřské stélky
- **zygospory dlouho neznámy, recentně objeveny**

*Asellaria jatibonicua* and host. 15. *Litthorophiloscia culebrae* (host).

16. Thalli overview with zygospores. 17. Composite of sexually reproducing thallus (stippled drawing). 18. (LPCB) Arthrospores detaching from terminal branches. 19–21. (LPCB) Details of the zygospores, where the thick cell-wall can be appreciated. 22–23. (LPCB) Conjugation tube. 24. (LPCB) Detail of the basal cell with secreted holdfast material.

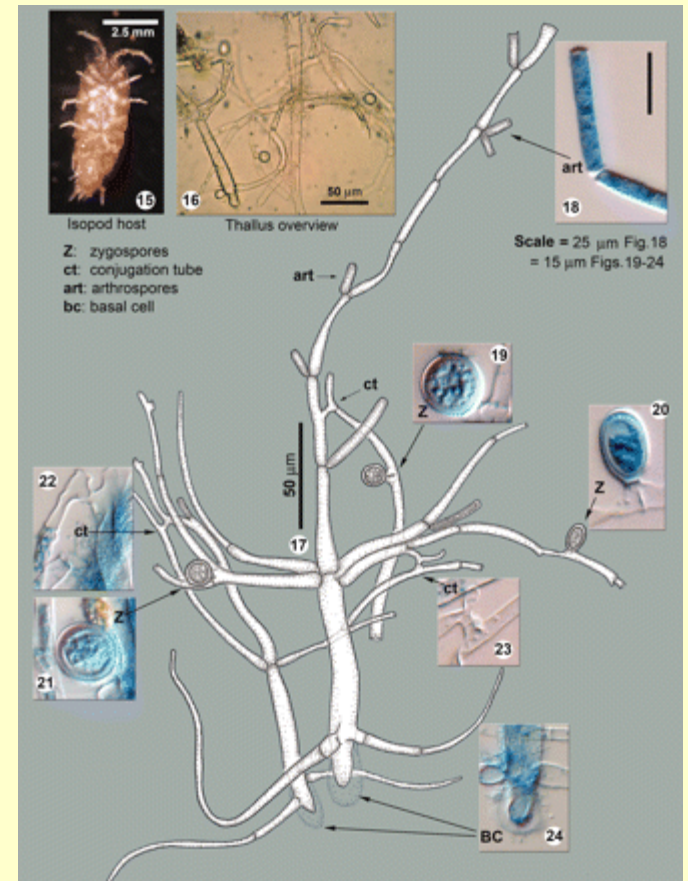
Zdroj: Valle & Cafaro 2008, <http://www.mycologia.org/content/100/1/122>

(řád) *Eccrinales* je aktuálně řazen do skupiny *Ichthyosporea*, tedy mimo houby! – viz *Holozoa*

- cenocytické mycelium, tvoří 2 typy spor pro přenos uvnitř jednoho jedince a na jiného jedince, žijí na různých členovcích

(řád) *Amoebidiales* býval řazen i mezi *Choanoflagellata*, nyní též *Ichthyosporea*!

- krátká cenocytická stélka se celá mění na sporangium, ve kterém vznikají buď spory nebo améboidní buňky => jejich encystace => cytospory
- žijí paraziticky na korýších a larvách hmyzu (*Amoebidium parasiticum*)



## GLOMEROMYCETES [v poslední době známy jako oddělení *Glomeromycota*]

Skupina, která prodělala ze všech spájevých hub v poslední době největší posun. V dřevních dobách bylo možno zástupce této skupiny zaznamenat v řádu *Endogonales* (odtud pramení i dlouho poté tradované mylné tvrzení, že řád *Endogonales* obsahuje endomykorhizní houby), v průběhu 20. století pak na úrovni řádu *Glomales*, resp. opraveně *Glomerales*.

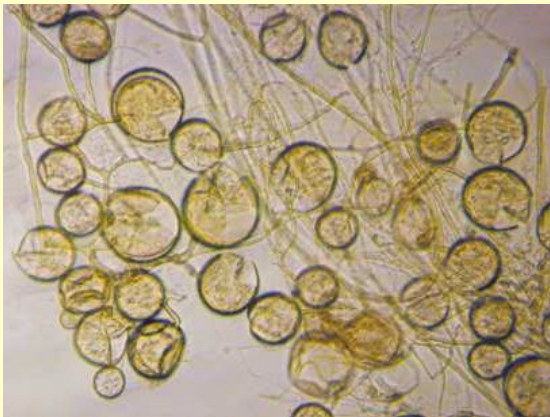
Recentně byly tyto houby, tvořící arbuskulární mykorhizu s většinou druhů rostlin, na základě značné odlišnosti molekulárních dat hodnoceny zcela mimo vlastní *Zygomycota* v samostatném oddělení *Glomeromycota*. Tradičně je tato skupina považována za monofyletickou, zřejmě v ní však existují nejméně dvě vývojové linie (potvrdí-li se jejich návaznost na různé předky spájevých hub, může být konec teorii o monofyletičnosti tohoto oddělení, ale zatím to tak nevypadá).



jediný nemykorhizní zástupce - *Geosiphon pyriforme* - má symbiotické endocyanyely (*Nostoc punctiforme*) ve speciálních měchýřcích; vytváří spory podobné sporám u ř. *Glomerales* příslušnost tohoto „lišejníku“ ke *Glomeromycota* potvrzena i na molekulární úrovni, dříve hodnocen v samostatném řádu *Geosiphonales*, v recentních studiích ztrácí tuto hodnotu

Pojetí samostatného oddělení je od roku 2001 (kdy bylo vystaveno) relativně pevně zakořeněno v klasifikaci hub. V pojetí některých autorů dokonce tento taxon představoval jednu ze tří vrcholných větví v „koruně“ vývojového stromu hub (tzv. „crown fungi“, spolu s vřeckatými a stopkovýtrusnými houbami). V aktuální studii jsou však *Glomeromycota* hodnocena jako jeden z dílčích taxonů v rámci skupiny *Kickxellomycotina*.

- pouze nepohlavní rozmnožování - tvorba chlamydospor, řidčeji sporangia (často velké sporokarpy), ? snad parasexuální proces
- spory a přežívající buňky v půdě nebo kořenech, není zde přenos vzduchem
- tvorba endotrofní, arbuskulární mykorrhizy (AM; dříve vezikulo-arbuskulární, VAM) - mycelium proniká do rostlinných buněk, kde vytváří větvené keříčkovité útvary (arbuskuly) a často i měchýřky (vezikuly)
- = tvoří ji cca 95 % suchozemských rostlin





aktuální členění na čtyři řády: *Glomerales*, *Diversisporales* (2 hlavní vývoj. linie), *Paraglomerales* (samostatný řád pro jeden recentně popsáný rod) a *Archaeosporales* (totéž v bledě modrém + je sem recentně přiřazován rod *Geosiphon* z předminulé stránky)



***Paraglomus*** [řád *Paraglomerales*, resp. třída *Paraglomeromycetes*]

- arbuskulární mykorhiza, někdy s tvorbou vezikulů
- chlamydospory se tvoří obvykle v půdě, někdy uvnitř kořene či jiného pletiva hostitelské (partnerské) rostliny

***Archaeosporales*** [třída *Archaeosporomycetes*]

- arbuskulární nebo vezikulo-arbuskulární mykorhiza v kořenech rostlin nebo stélkách mechorostů; výjimkou je rod *Geosiphon* s endosymbiotickými sinicemi
- v rámci skupiny se tvoří dva morfologické typy spor, u konkrétních druhů je obvykle jeden z nich

## **Glomeromycetes**

[díličí taxon na úrovni třídy, pokud jsou *Glomeromycota* brána na úrovni oddělení]

- arbuskulární nebo vezikulo-arbuskulární mykorhiza
- glomoidní chlamydospory se tvoří na povrchu půdy, v půdě nebo v kořenech rostlin; terminálně, subterminálně nebo interkalárně v hyfách; jednotlivě, ve volných shlucích nebo kompaktních sporokarpech; na sporogenních strukturách, ve „sporiferous saccule“ nebo intrahyfálně ve stopce tohoto váčku

### **Glomerales** (*Glomus*, *Funneliformis*, *Rhizophagus*, *Claroideoglomus*)

- spory narůstají na vrcholech hyf nebo se tvoří interkalárně v hyfách, obvykle v půdě, příležitostně v kořenech nebo jiných podzemních strukturách (rhizoidy), jednotlivě, ve shlucích nebo kompaktních útvarech
- sporokarpy s jedno- nebo vícevrstevnou stěnou, která je volným pokračováním stěny hyfy (na které se spory nebo sporokarpy tvoří); tyto hyfy bývají stejně zbarvené nebo světlejší, případně až hyalinní, trychtýřovité, válcovité nebo zaškrbené

### **Diversisporales** (*Acaulospora*, *Diversispora*, *Pacispora*, *Gigaspora*)

- spory narůstají na hyfách jako chlamydospory nebo se vytvářejí „komplexní spory“ s až třemi stěnami; vnější stěna je vícevrstevná, obvykle zbarvená; střední a vnitřní stěny bývají hyalinní, mohou být též tvořeny několika složkami nebo vrstvami
- někdy je zřetelný výrazný barevný přechod mezi sporogenní hyfou a sporou (kolem nejbližšího septa u báze spory)