



## 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

# Oddělení: CHYTRIDIOMYCOTA - CHYTRIDIE

## Třída: CHYTRIDIOMYCETES

- **stélka** u jednodušších typů **holokarpická** (taková je vždy jednobuněčná), u odvozenějších **eukarpická**
- vytváří se rhizoidy (mohou/nemusí být odděleny od stélky přehrádkou), nevětvené nebo větvené => rhizomycelium
- nejodvozenější typy tvoří **cenocytické mycelium** s buněčnou stěnou (chitin a polyglukany), rozdělené tzv. pseudosepty (perforované přehrádky z jiných látek než buněčná stěna)

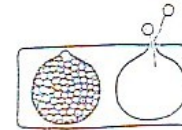
**nepohlavní rozmnožování:** zoospory vznikající v zoosporangiích (mono- nebo polycentrické typy)  
zoosporangia zpočátku mnohojaderná => rozdělení na 1-jaderné části => jednotlivé zoospory

otevírání sporangia: víčkem u operkulátních typů, jinak (obvykle štěrbinou)  
u inoperkulátních typů

**zoospory** jednobičíkaté, bičík opisthokontní (vychází ze zadního konce buňky), není péřitý



Holokarpické stélky



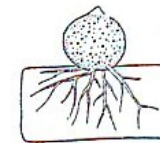
Eukarpické stélky

monocentrické

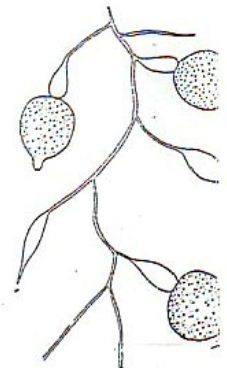
polycentrické



stélka endobiotická



stélka epibiotická



**pohlavní rozmnožování:** izogamie (za urč. podmínek se zoospory chovají jako gamety, dochází ke kopulaci), anizogamie, vzácněji gametangiogamie nebo somatogamické splývání rhizomycelia

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 organismy, výživa heterotrofní, absorpční saprofyté i parazité na různých skupinách řas, hub, rostlin i živočichů (zejména bezobratlých, ale objeveni i u obratlovců – rod *Batrachochytrium*)

**system** založen na ultrastruktuře zoospor

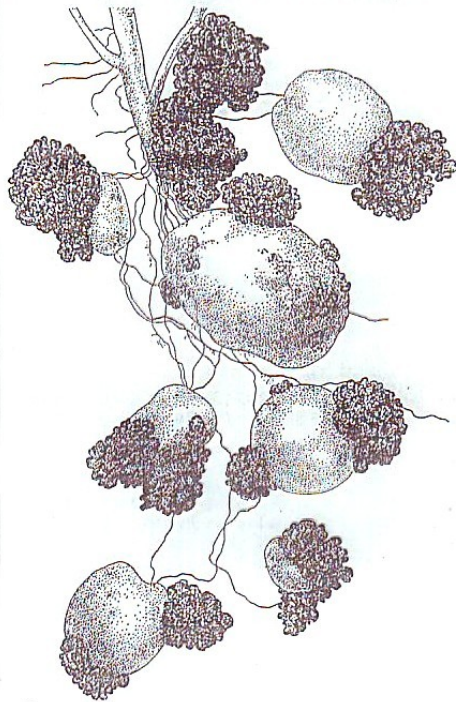
**řád *Chytridiales*** – jednobuněčné stélky, bez rhizoidů a buněčné stěny (vnitrobuněční parazité) nebo s bun. stěnou a jednoduchým systémem rhizoidů stélky endobiotické (celé uvnitř buněk hostitele) nebo epibiotické (rhizomycelium v buňce, sporangia vně), příp. interbiotické (rhizomycelium zasahuje do více b.) stélky mono- i polycentrické, sporangia operkulátní i inoperkulátní

- charakteristický znak zoospor – centrálně umístěná "jaderná zóna", kinetosom nespojen s jádrem, jedna velká tuková kapka

při povrchu je organela spojená mikrotubuly s kinetosomem – **rumposom** (zřejmě fotoreceptor)



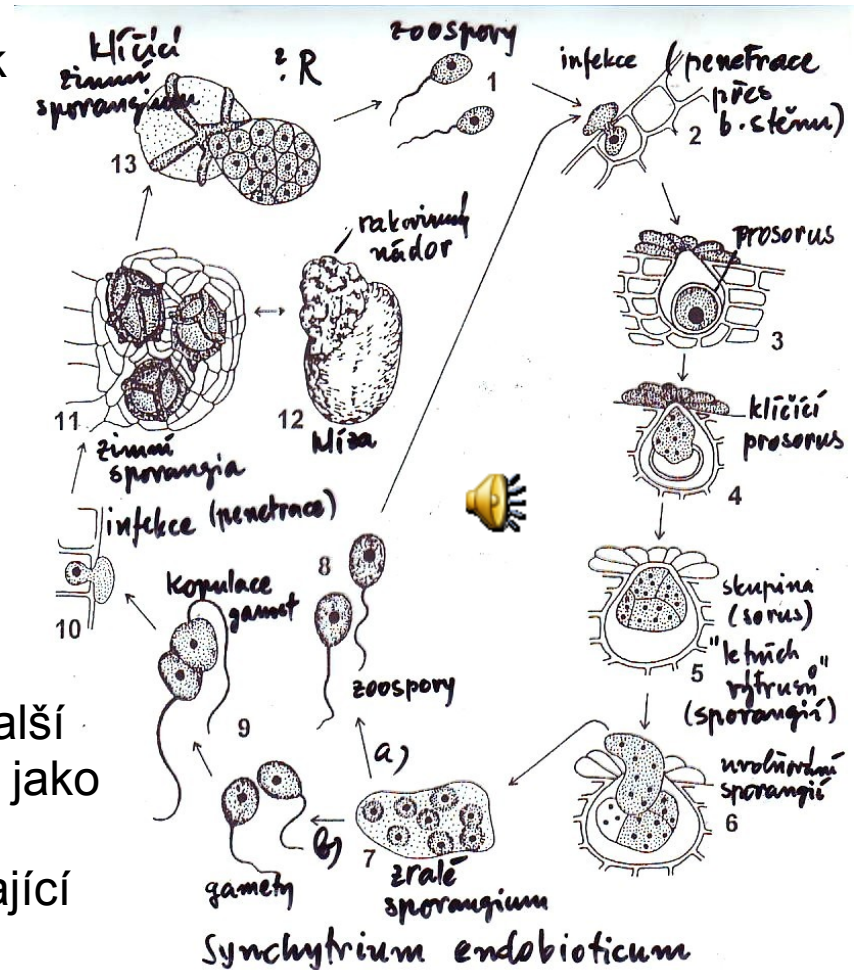
- pohlavní rozmnožování je nejčastěji izogamie (i anizo- či somatogamie), obvykle zoospory mohou být gametami

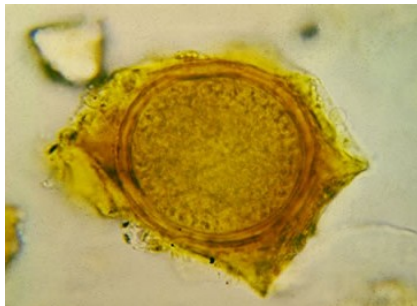


Obr. 19: *Synchytrium endobioticum* (Chytridiales)  
Nádory na hlízách brambor (podle URBANA a KALINY).

*Synchytrium endobioticum* (rakovinec bramborový) – hospodářsky významný parazit, přísně karanténní choroba (klíčivost spor až 20 let)  
životní cyklus: z odpočívajících sporangii vyklíčí na jaře zoospory => když se dotknou oka nebo lenticely na hlíze, zatáhnou bičík a oblaní se => průnik do buněk hostitele => obalí se tlustou stěnou => vzniká prosorus (letní výtrus); v okolních buňkách současně neorganiz. dělení

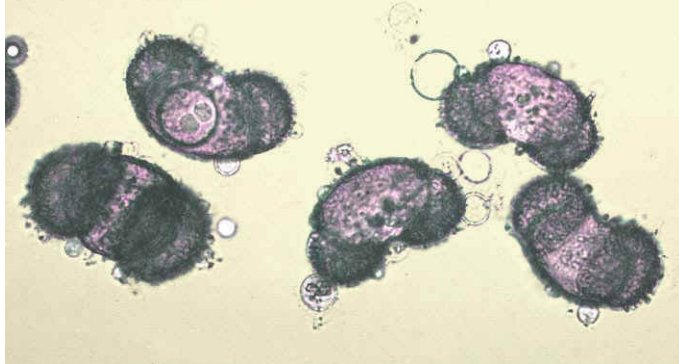
=> stěna prosoru praskne => do buňky vyhřezne protoplast, který se rozdělí => sorus sporangii => po prasknutí stěny buňky hostitele se uvolní zoospory => za optimálního počasí (teplota, vlhkost) další infekce; za sucha menší zoospory fungují jako izogamety => kopulace => zygota infikuje hostitele => v jeho buňce vzniká odpočívající (trvalé) sporangium => přečkává zimu





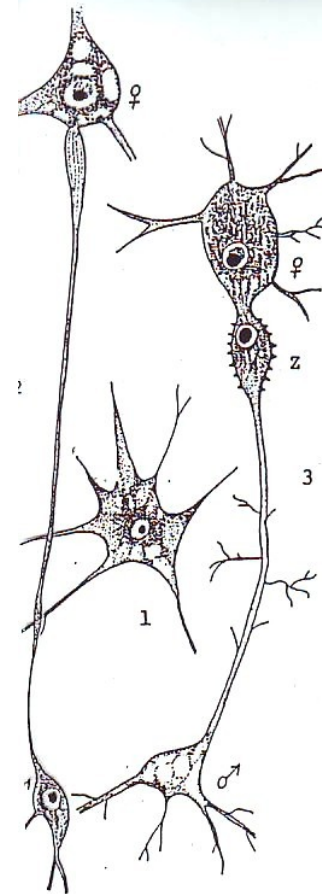
*Synchytrium endobioticum* –  
 nahoře symptomy  
 napadení na bramboro-  
 vých hlízách, vlevo  
 odpočívající sporangium

*Rhizophydium pollinis-pini* („kuličky“ na pyl. zrnech)



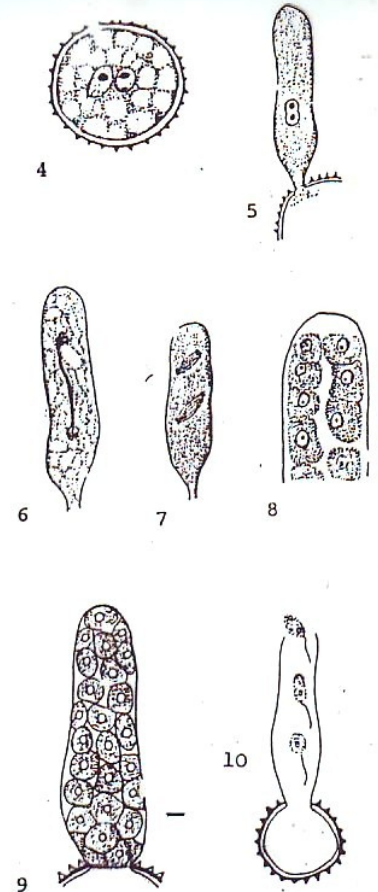
další  
 zástupci:

<= *Rhizophydium* napadá pylová zrna ve vodě,  
*Polyphagus* má interbiotické stélky, rhizomyce-  
 lium napadá až 50 krásnooček (*P. euglenae*),  
*Chytridium* – epibiotický parazit řas a hub



20: *Polyphagus euglenae* (Chytriciales),

- 1 – vegetativní buňka,
- 2, 3 – kopulace dvou gametangií,
- mladá zygota (Z) mezi nimi,
- 4 – zralá zygota,
- 5 – klíčení dvoujáderné zygoty a karyogamie,



- 6, 7 – jader: é dělení,
- 8 – tvorba zoospor (zoosporangium),
- 9 – zralé zoosporangium,
- 10 – vyprazdňující se zoosporangium (podle GORLENKA et al.).

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



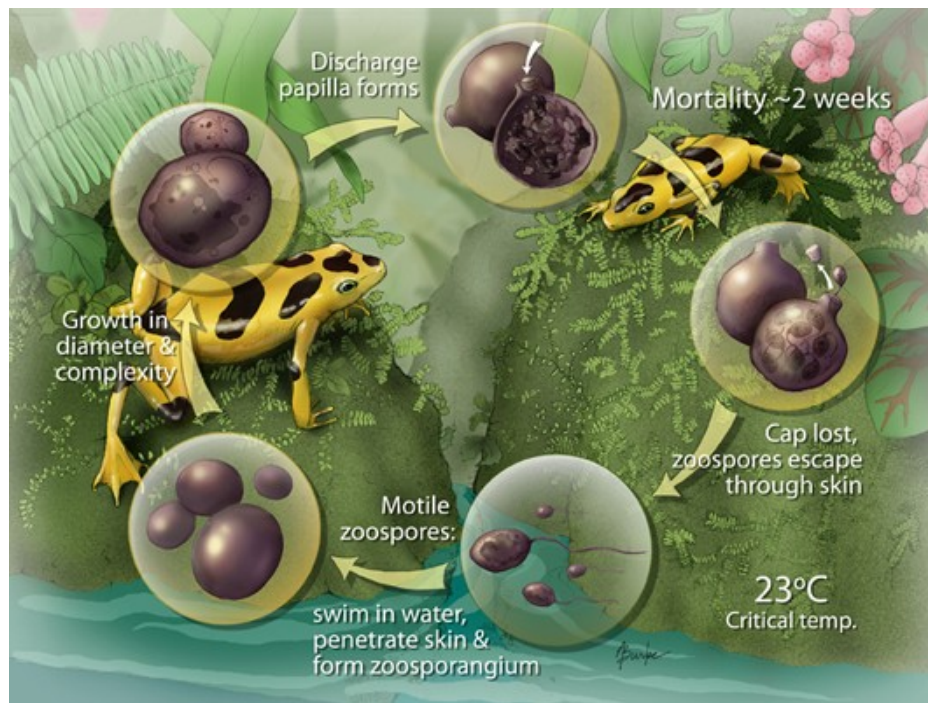
## Životní cyklus *Batrachochytrium dendrobatidis*

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>



**řád *Spizellomycetales*** - blízký řádu *Chytridiales* (jednobuněčná stélka, izogamie), ale odlišná stavba zoospor: jádro spojeno s kinetosomem, ribosomy všude v cytoplazmě (nejen "jaderná zóna"), více tukových kapek i mitochondrií

- *Olpidium* – parazité řas, hub a rostlin; *O. brassicae* způsobuje nekrózy u klíčnic rostlin brukvovitých

životní cyklus: zoospóra => po kontaktu s kořenovým vláskem se encystuje => protoplast parazita proniká do buňky => zde ve stélce jaderné dělení => stélka se obalí bun. stěnou => kulovité sporangium s vyúst'ovacími kanálky na povrch buňky hostitele => uvolňování zoospor; chovají-li se jako izogamety, dojde ke kopulaci => 2-bičíkaté a 2-jaderné zygoty napadají hostitele podobně jako zoospory => v jeho buňkách vznikají odpočívající sporangia => přezimují => teprve před klíčením karyogamie => pak meioza => zoospory

(poznámka: system. pozice rodu *Olpidium* je dnes nejistá)

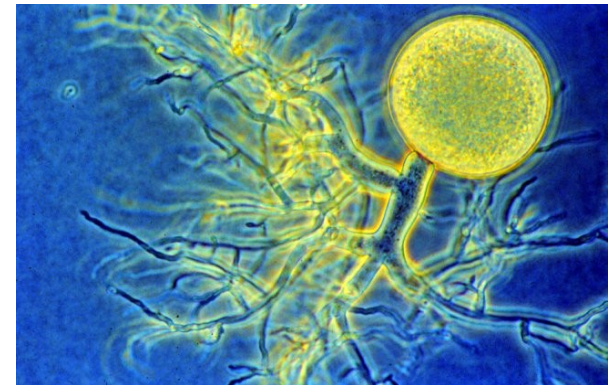
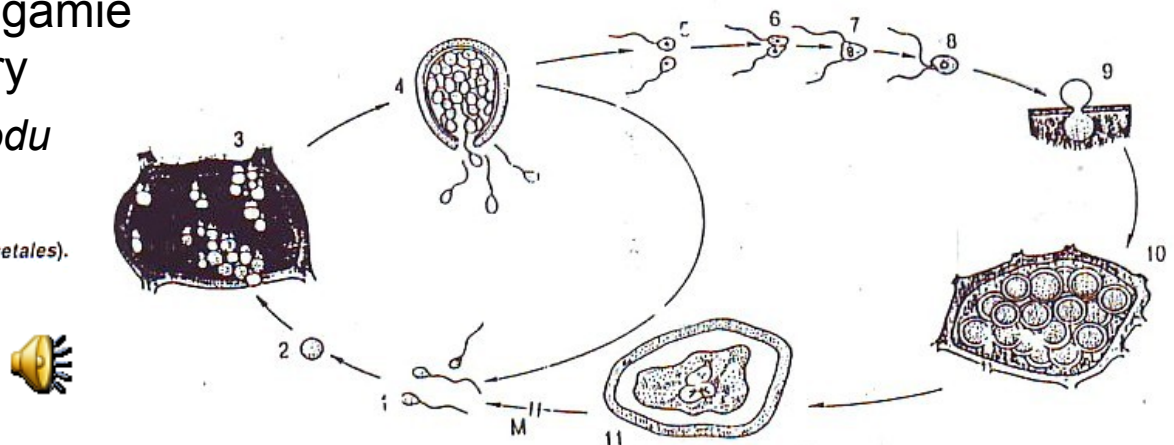


Foto Don Barr,  
<http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/barr.html>

Sporangium s rhizoidy *Spizellomyces punctatus*

Obr. 22. Životní cyklus druhu *Olpidium vicinalae* (*Spizellomycetales*).

- 1 – zoospory,
- 2 – encystace,
- 3 – infekce,
- 4 – vyprazdňující se zoosporangium,
- 5 – gamety,
- 6,7 – kopulace gamet,
- 8 – planozygota,



## Třída: *MONOBLEPHARIDOMYCETES* 📢

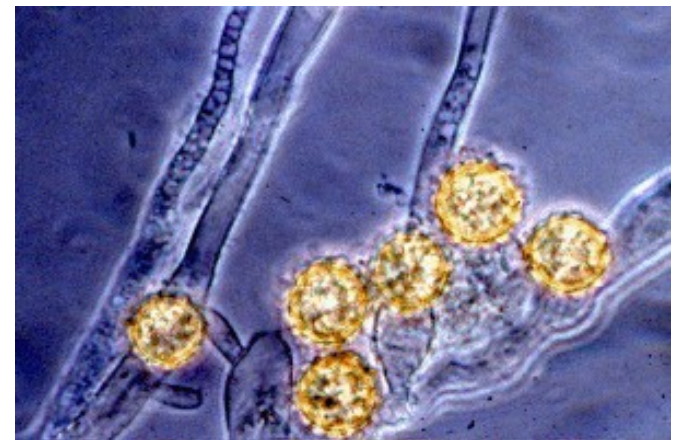
řád *Monoblepharidales* - zřejmě nejodvozenější, rozvětvené cenocytické mycelium s pseudosepty, pravé přehrádky oddělují jen reprodukční struktury, protoplazma obsahuje hodně vakuol a tuku

- zoospory mají jádro obklopené vrstvou ribosomů, od kinetosomu se paprscitě rozbíhají mikrotubuly směrem k jádru (ale není zde spojení), rumposom je vytvořen, tukové kapky v přední části buňky

- pohlavní proces: oogamie – nestejná gametangia jsou uspořádána párovitě; typ epigynní – oogonium vzniká terminálně a anteridium subterminálně – nebo hypogynní – naopak

oplozená oosféra se mění v oosporu, obalí se tlustou stěnou => po určité době klíčí hyfou

*Monoblepharis* sp., vlevo mladé oogonium, uprostřed oogonia s anteridii + kulovité oospory, vpravo zralé oospory





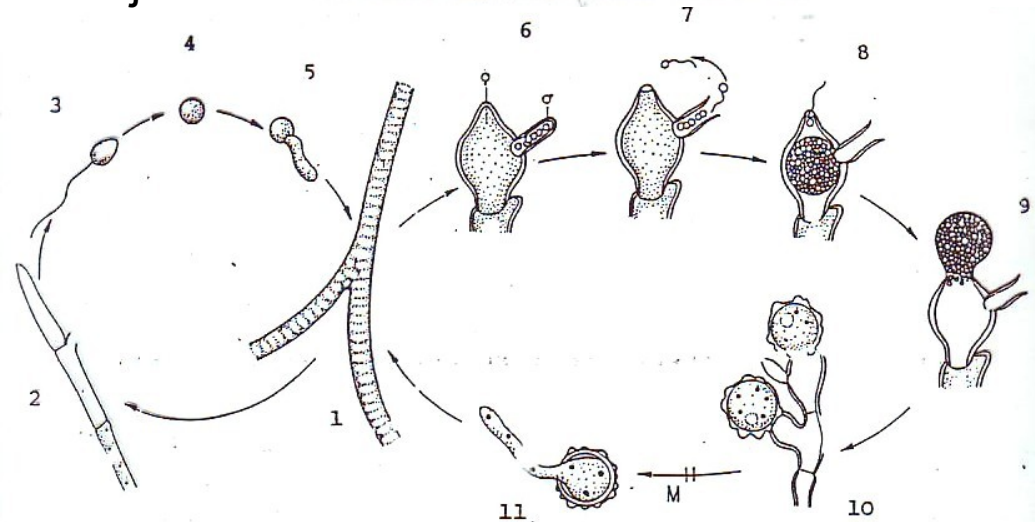
životní cyklus: zoospory přisednou na substrát a zatáhnou bičík => vyrůstají rhizoidy a opačným směrem cenocytické mycelium => na koncích hyf se tvoří zoosporangia => několikajaderný protoplast se rozpadá => z částí vznikají zoospory

za nepříznivých podmínek se na koncích hyf objeví gametangia => přenos anterozoidů vodou k otvoru v oogoniu => dikaryotická zygota => karyogamie před vytvořením stěny => meioza před klíčením hyfou

• zástupci: hlavně vodní a půdní saprofyté v tropech a subtropích (*Monoblepharis*)

Obř. 24: Životní cyklus druhu *Monoblepharis polymorpha* (Monoblepharidales).

- 1 – somatická hyfa,
- 2 – vyprázdňené zoosporangium,
- 3 – zoospora,
- 4 – cysta,
- 5 – klíčící cysta,
- 6 – oogonium s přisedlým anteridiem,
- 7 – jednobíčíkaté anterozoidy opouštějí anteridium,
- 8 – oplodnění oostěry anterozoidem, karyogamie, vznik zygoty,
- 9 – mladá oospora,
- 10 – zralé oospory, meióza (M),
- 11 – klíčení oospory v hyfu (podle LLIMONA et al.).



## Oddělení: NEOCALLIMASTIGOMYCOTA



řád *Neocallimastigales*, rod *Neocallimastix* – obligátně anaerobní organismy žijící symbioticky v bachorech přežvýkavců, tvoří vícebičíkaté (!) zoospory

## Oddělení: *BLASTOCLADIOMYCOTA*



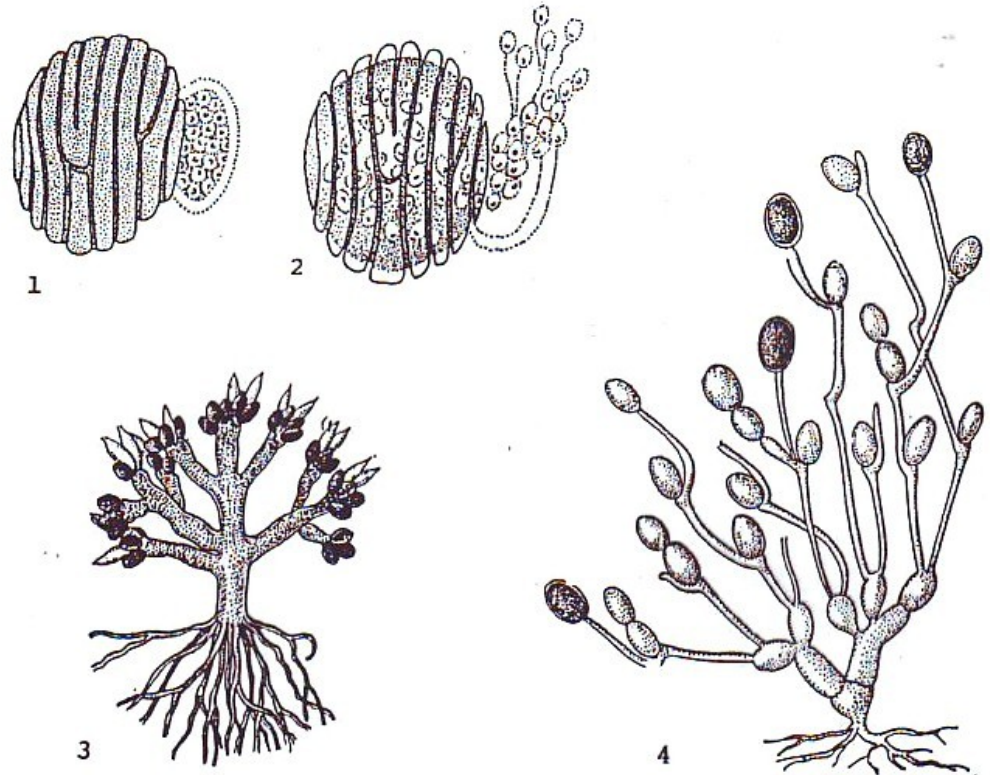
### Třída: *BLASTOCLADIOMYCETES*

- primitivní typy mají nahé stélky bez rhizoidů, odvozenější potom cenocytické stélky, přepážkou oddělené rhizomycelium a reprodukční struktury (gametangia, sporangia)

- stavba zoospor:

chybí rumposom, ribosomy jsou nahloučené v "čepičce" na předním konci jádra, je vytvořen tzv. "side-body-complex" (ER+tukové kapky+mitochondrie)

- zástupci jsou saprofyté, vzácněji parazité: *Coelomyces* parazituje v coelomu larev komárů (možnost využití pro „biologický boj“), *Physoderma* – parazité na plodinách (vojtěška, kukuřice)



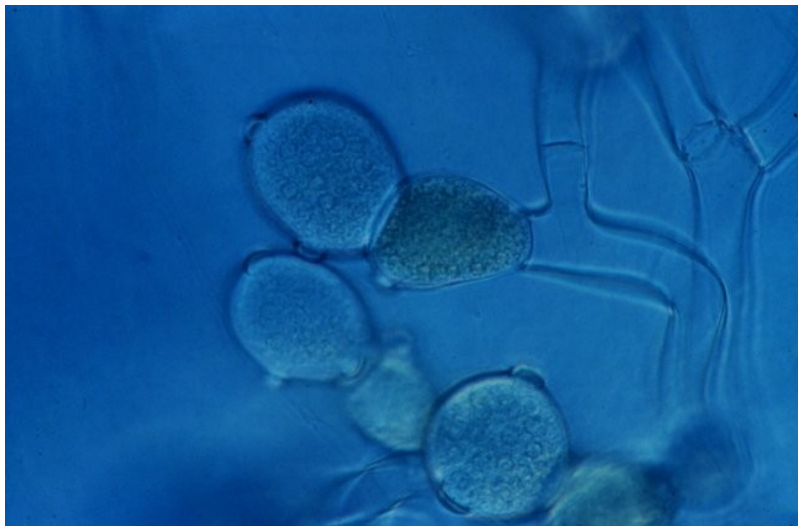
Obr. 23: Stélky zástupců řádu *Blastocladales*.

1,2 – *Coelomyces*, tvorba zoospor,

3 – *Blastocladia*, stélka s rhizomyceliem, zoosporangii a odpočívajícími sporangii,

4 – *Allomyces*, stélka s rhizomyceliem, zoosporangii a odpočívajícími sporangii (podle GORLENKA et al.).

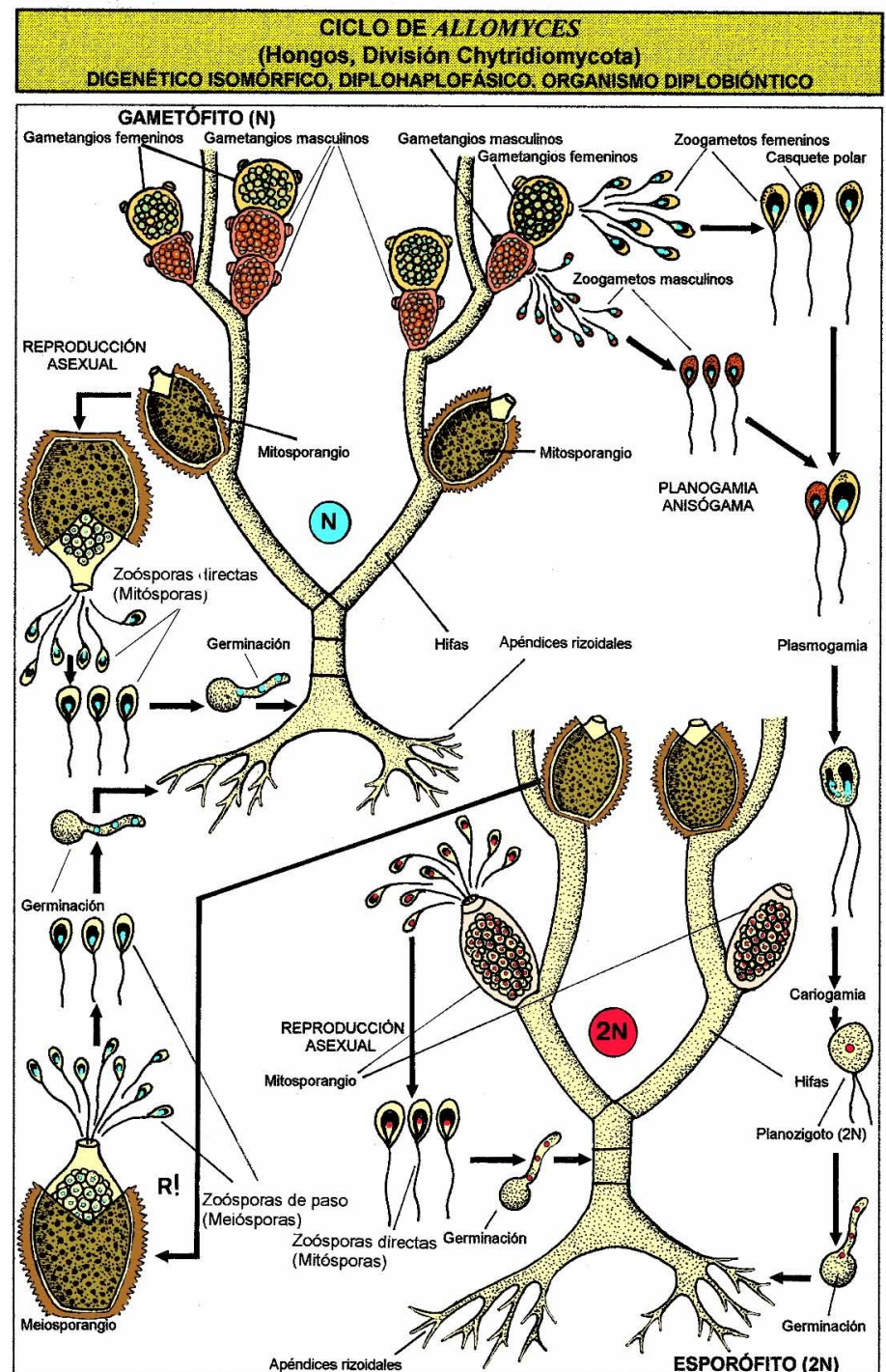
- pohlavní rozmnožování: izogamie nebo anizogamie, poprvé typická rodozměna (sporofyt nese sporangia, gametofyt nese gametangia)
- vyskytují se tři typy životního cyklu – haplo-diplobiotický, diplobiotický a apomiktický (všechny tři najdeme u tropických půdních druhů rodu *Allomyces*)



*Allomyces arbuscula*, anteridia a oogonia

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

Tento, jakož i další životní cykly, jsou převzaty z <http://www.uniovi.es/bos/Asignaturas/Botanica/9.htm>

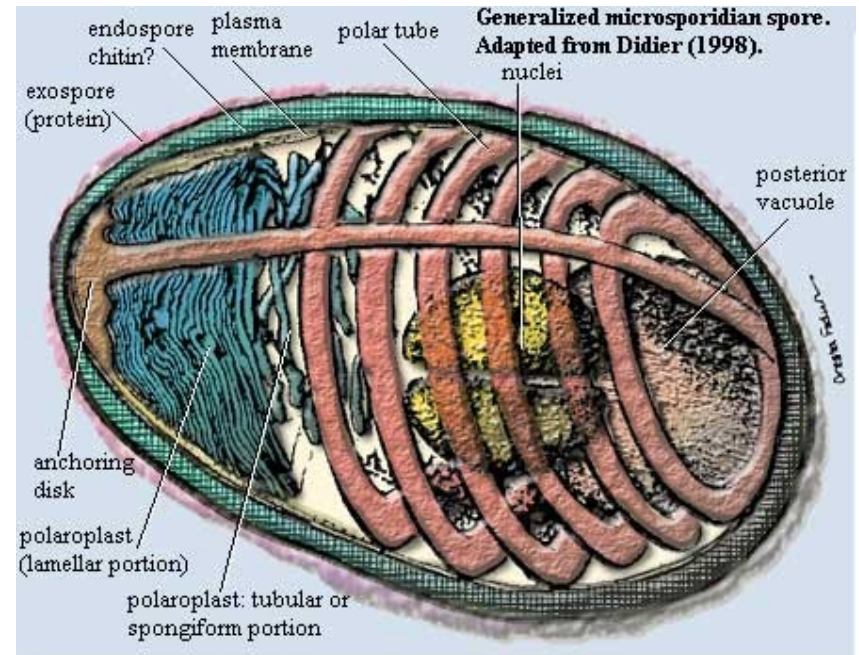


## Oddělení: MICROSPORIDIOMYCOTA

- skupina dříve řazená k prvokům, na základě molekulárních analýz (RNA a některých proteinů) připadla k houbám
- mají některé zvláštnosti proti běžným eukaryotům: 70S ribosomy (znak shodný s prokaryoty), dikaryotická jádra (po dvojicích, synchronně se dělící), chybí respirační orgány (mitochondrie apod.) a centrioly, redukovaný Golgiho aparát;

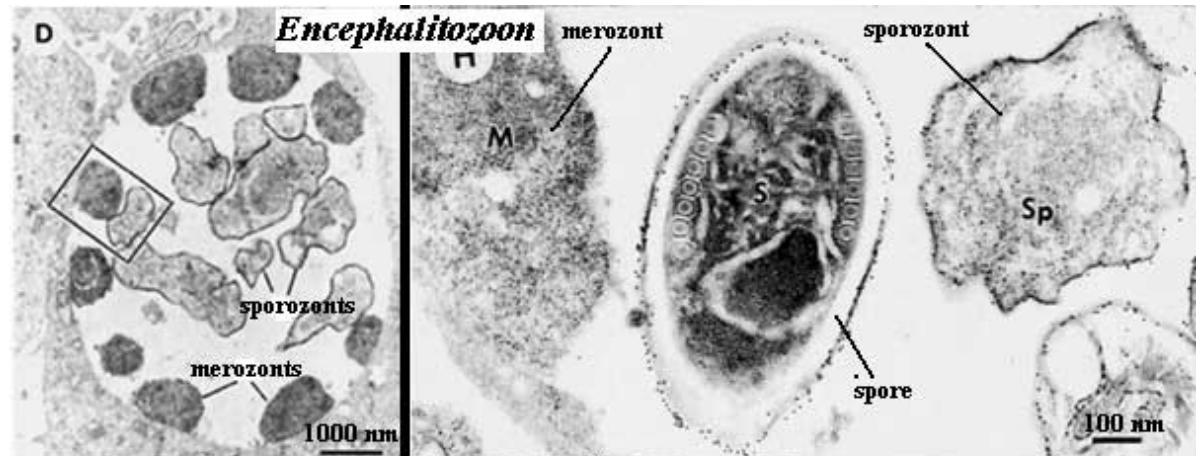
na přední straně buňky je vymrštitelná pólová trubice

- výlučně intracelulární paraziti (většinou v cytoplazmě, někdy v parazitoformní vakuole) nejvíce u členovců a ryb, ale známi i u savců



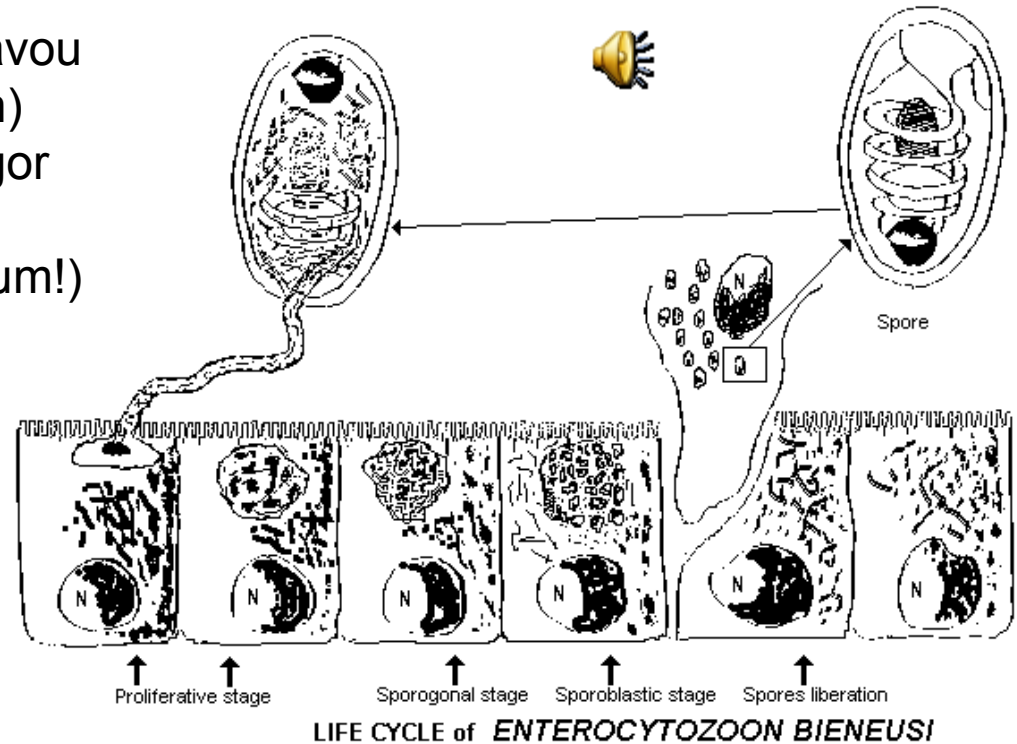
<http://www.palaeos.com/Eukarya/Units/StemMetazoa/Microsporidia.html>

Obr. nahoře z: ES Didier (1998), *Microsporidiosis*. Clin. Infect. Dis. 27: 1-8. Foto dole z: W Bohne, DJP Ferguson, K Kohler, & U Gross (2000), *Developmental expression of ... pathogen Encephalitozoon cuniculi*. Infect. Immun. 68: 2268-2275.



Developmental stages in a parasitophorous vesicle. From Bohne et al. (2000).

- infekce: hostitel spolkně s potravou i sporu (v bun. stěně hlavně chitin) => v pohlcené spoře stoupne turgor => pólová trubice v přední části buňky vystřelena ven (až stovky  $\mu\text{m}$ !) => proniká membránami (dokáže projít i stěnami cyst) => sporoplazma přeteče trubicí do hostitelské buňky => zde pomnožení - dělení buněk (uzavřená mitóza), sporogonie => spory se z hostitele uvolňují při defekaci nebo po smrti rozpadem tkání



- význam pro člověka mají parazité hospodářsky významných živočichů – včel (*Nosema apis*), bourců (*N. bombycis*), naopak jsou činěny i pokusy s využitím mikrosporidií proti hmyzím "škůdcům"
- nákaza člověka může přitížit např. pacientům s AIDS
- členění na třídy *Microsporea* (kam patří většina zástupců) a *Rudimicrosporea* (se zjednodušeným vystřelovacím aparátem) je aktuálně nahrazováno klasifikací v třídách *Dihaplophaseomycetes* (v životním cyklu dominuje dikaryotická fáze, sem patří rod *Nosema*) a *Haplophaseomycetes* (haplobionti, bez dikaryot. fáze)