



FYLOGENEZE A DIVERZITA HUB A PODOBNÝCH ORGANISMŮ

(část přednášky *Fylogeneze a diverzita řas a hub*)

system založený na pojetí taxonů v 10. vydání *Dictionary of the Fungi* (Kirk et al. 2008)
s pozdějšími úpravami

- 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

Skupina oddělení: ZYGOMYCOTA – HOUBY SPÁJIVÉ 📢

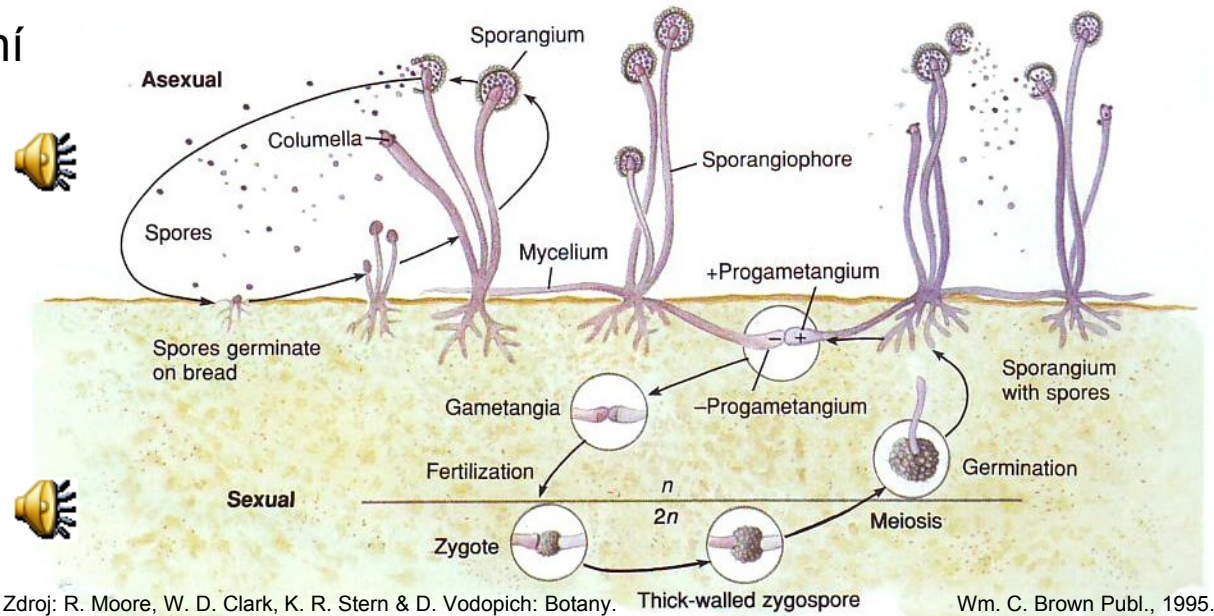
- mnohojaderné cenocytické hyfy, přehrádky většinou oddělují jen rozmnožovací struktury (neplatí absolutně)
 - u vývojově odvozených skupin již dochází k tvorbě přehrádek, ale zůstávají i vícejaderné úseky (obdoba sifonokladální stélky)
 - základní složkou bun. stěn je chitin, doprovázený chitosanem, příp. jinými cukry
- nepohlavní rozmnožování: ve sporangiích se tvoří **sporangiospory**, v hyfách se tvoří tlustostěnné chlamydospory
 - tvorba sporangiospor: na myceliu se vytvoří svazky sporangioforů => vrcholové části zduří => vytvoří se sporangium (obvykle kulovité) => sem se přesune část cytoplazmy s jádry => z centrální části vznikne tzv. kolumela (střední sloupek, přetrvávající i po rozpadu sporangia), cytoplazma v periferní části se rozdělí => části se obalí stěnou => spory
 - část sporangioforu pod sporangiem je u některých druhů rozšířena v tzv. apofýzu
 - u původních typů mnohosporová sporangia, vývojová tendence vede k jednosporovým (podobně jako u odd. *Peronosporomycota* jsou tu dvě stěny – stěna sporangia a stěna spory – rozdíl oproti konidii)



Gongronella butleri

<http://zygomycetes.org/index.php?id=90>

- pohlavní rozmnožování
- izo- (vzácněji anizo-) **gametangiogamie** (též označení "zygogamie"), splývání gametangií
- **homothalické** druhy
- kopulace gametangií i ze stejného mycelia,
- **heterothalické** druhy
- musí být z různých mycelií (+ a –)



- průběh pohl. procesu: výběžky z mycelií jsou chemotakticky přitahovány => kontakt, tvoří se na nich progametangia => jejich oddělení přehrádkou => mnohojaderná gametangia => splynutí, plazmogamie a karyogamie => zygota => vytvoří se zygosporangium, obsahující 1 tlustostěnnou zygosporu - odpočívající stadium => po období klidu klíčí hyfou
- gametangia a následně zygospory jsou nesený rozšířenými konci hyf - **suspensory**
- u některých zástupců na suspensorech vyrůstají hyfy, které obalují zygosporu (u některých až úplně) – předzvěst tvorby plodnice u vývojově pokročilejších pododdělení (připomínají primitivní kleistothecium u vřeckatých hub)
- k meiozi dochází při zrání nebo klíčení zygospory, živ. cyklus je haplobiotický

- **výskyt, ekologie:** saprofyté půdní, koprofilní aj., některé skupiny zahrnují parazity rostlin, hub i živočichů
- řada druhů využívána v biotechnologii pro produkci různých látek

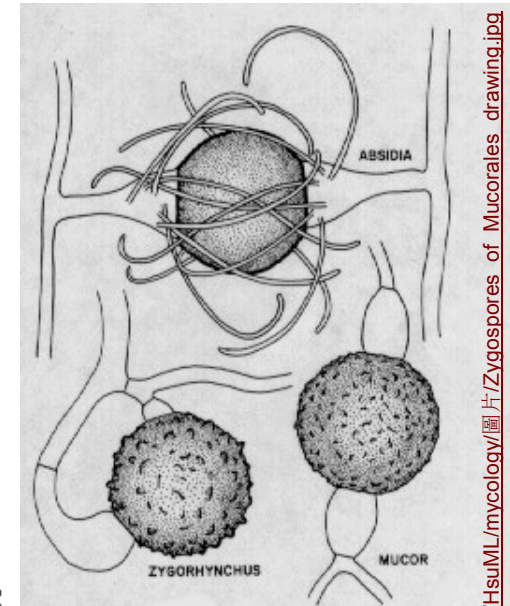
Zygospory rodu řádu *Mucorales*

Oddělení: MUCOROMYCOTA

Pododdělení: MUCOROMYCOTINA

řád *Mucorales*

- u většiny druhů málo přehrádkované mycelium
- u někt. druhů se v tekutých médiích vytvoří přehrádky nebo mycelium rozpadne na buňky => tzv. dimorfismus (různý charakter stélky v různých podmínkách)
- sporangia mnohosporová (až 1000 spor), u odvozenějších typů méně spor ve sporangiu (až jedna => nesprávně označováno za "konidii")
- kromě pohlavně vzniklých zygospor tvoří některé druhy též partenogeneticky tzv. azygospory
- většinou saprofyté na půdě, trusu, potravinách – *Mucor*, *Rhizopus* (kropidlovec), *Zygorhynchus*, *Pilobolus* (měchomršť – pod sporangiem má vak, v němž se hromadí voda => zvětšující se tlak nakonec odmrští celé sporangium), některé druhy i parazitické
- využití: fermentace cukrů a bílkovin, výroba různých organických kyselin

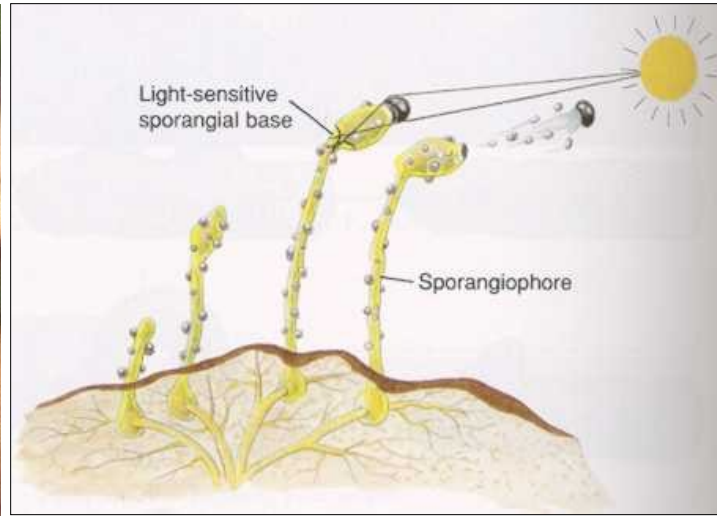


http://www.dipbot.unict.it/sistematica_es/Mucor.html



Mucor sp., zygospora se suspensory

http://www.med.ncku.edu.tw/HsuML/mycology/圖片/Zygospores of Mucorales drawing.jpg



Vlevo: Houbáš,
Spinellus fusiger –
parazit na helmovce



Foto Mirek Junek,
<http://www.idsystem.cz/mushrooms/fotoframe.htm>

Vpravo: Měchomršť,
Pilobolus sp. – koprofilní
druh, natáčí a vystřeluje
sporangia ke světlu

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



Endogone lactiflua, sporokarp

Foto M. Trappe, <http://www.natruffling.org/enla.htm>

řád *Endogonales*

- podzemní druhy, starší mycelia přehrádkovaná
- vytvářejí nestejně velká gametangia => zygospora se tvoří na tzv. epigoniu - výrůstku většího gametangia => jsou hustě obaleny hyfami => vzniká útvar označovaný jako sporokarp
- jediný rod *Endogone*, uvažovaný svého času jako možný vývojový předchůdce vrčkatých hub pro odvozené znaky: přehrádky v myceliu, tvorbu sporokarpů, oddálení plazmogamie a karyogamie (plazmogamie předchází karyogamii, ale nelze ještě hovořit o skutečné dikaryofázi, jen párování jader v mladé zygospoře)



M. Trappe

řád *Mortierellales* – půdní saprofyty bez kolumely ve sporangiu

Oddělení: ZOOPAGOMYCOTA

Pododdělení: ZOOPAGOMYCOTINA

řád *Zoopagales* – obligátní parazité hub, prvoků a živočichů

Pododdělení: KICKXELLOMYCOTINA

řád *Dimargaritales* – taktéž parazité, pro změnu na *Mucorales*

řád *Kickxellales* – většinou půdní nebo koprofilní saprofyté, jejich sporangia se tvoří na specializovaných větvích zvaných sporokladia

řád *Harpellales* - přehrádkované mycelium, pozorován pohlavní proces a tvorba zygospory; žijí v larvách sladkovodního hmyzu, podobné znaky s *Kickxellales*

řád *Asellariales* - přehrádkované mycelium, pohl. proces pozorován, zygospory neznámy; rozmnožují se arthrosporami, žijí na koryšcích nebo chvostoskocích

poslední dva řády mají společnou ekologii

– žijí v zažívacím traktu členovců –

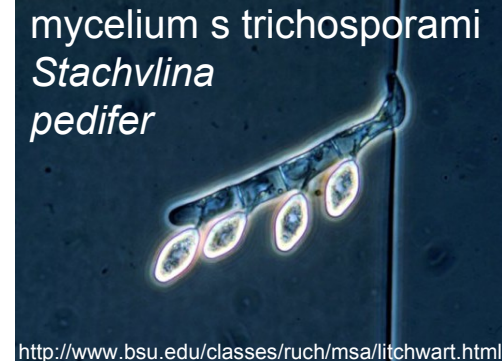
a byly dříve řazeny do samostatné třídy *Trichomycetes*

– jejich mycelium je pouze přichyceno na stěnách, neproniká do buněk; pravděpodobně jsou komenzálové (přiživují se na potravě živočichů)

– na bázi reduk. mycelia je speciální přichycovací aparát

– složení bun. stěny různé u různých skupin – chitin, glukosamin, galaktosamin

– nepohlavní rozmnožování: sporangiospory, arthrospory (rozpad vláken), u řádu *Harpellales* trichospory – jednosporová sporangia s přívěsky (spojeny se stěnou sporangia), po dozrání vystřelována



Pododdělení: ***ENTOMOPHTHOROMYCOTINA***



řád *Entomophthorales*

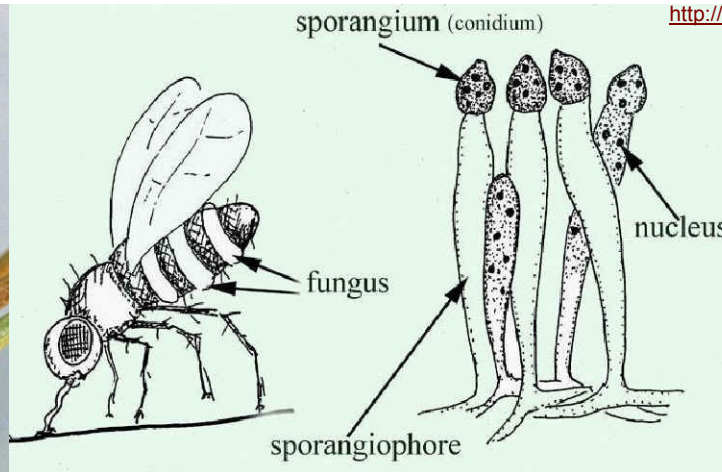
- mycelium v dospělosti přehrádkované, u řady zástupců se rozpadá na tzv. hyfová tělíska (mohou spolu i somatogamicky kopulovat)
- sporangia monosporická, odmršťovaná pod tlakem
- fakultativní či obligátní parazité rostlin, hub nebo živočichů (i lidí), především hmyzu

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 povrch těla vyrostou sporangiofory => vytvoří se a jsou odmrštěna sporangia)



Masa sporangií na povrchu těla mouchy, nahoře sporulace

<http://www.uoguelph.ca/~gbarron/MISCELLANEOUS/entomoph.htm>



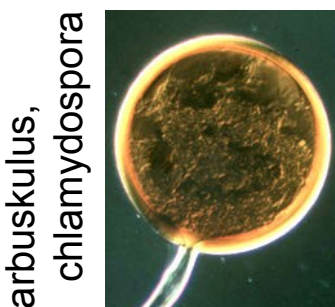
řád *Basidiobolales* – saprofyté (*Basidiobolus* na trusu žab), asi příbuzní chytridií

Oddělení: GLOMEROMYCOTA



Třída: GLOMEROMYCETES

• recentně až na úrovni samostatného oddělení jsou hodnoceny houby z dřívějšího řádu *Glomerales*



arbuskulus,
chlamydospora

<http://tolweb.org/Glomeromycota>

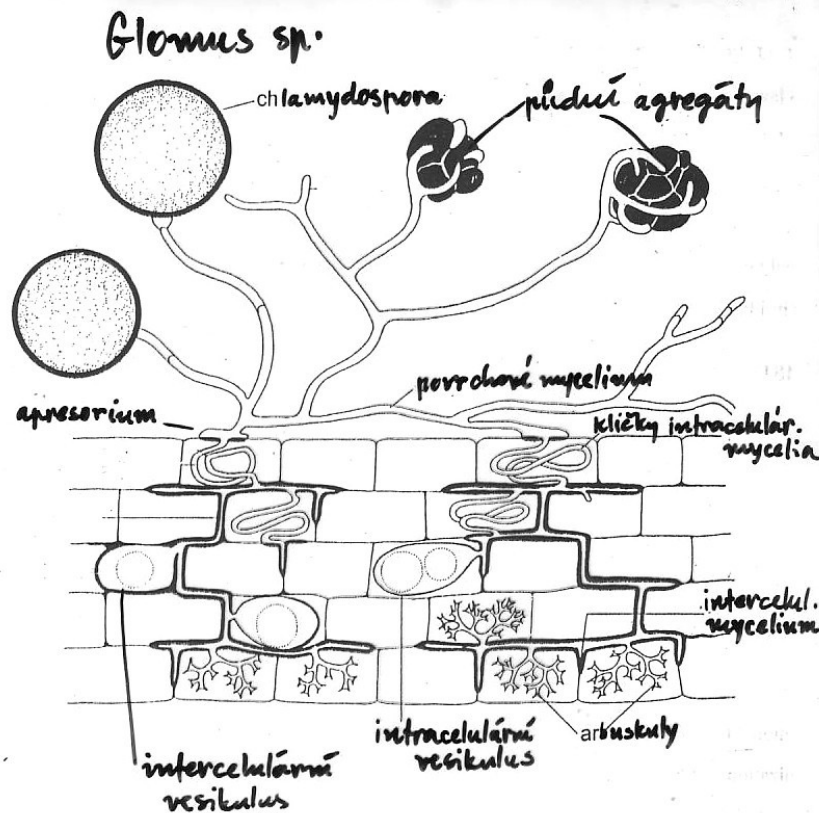


- vegetativní stélka je cenocytická, většinou se netvoří sporangia, ale chlamydospory
- tyto houby vytvářejí s velkým počtem druhů cévnatých rostlin

arbuskulární mykorhizu

(dříve vezikulo-arbuskulární = VAM; má ji asi 80 % cévnatých rostlin): mycelium proniká do rostlinných buněk a vytváří tam větvené keříčkovité útvary - arbuskuly (někdy též zásobní měchýřky - vezikuly) => výměna látek pomáhá růstu a výživě hostitele (*Glomus* aj.)

- specifickou ekologii má druh *Geosiphon pyriforme*, který má ve své stélce symbiotické endocyany – je považován za jediný lichenizovaný druh, jehož mykobiontem je jiná houba než vřeckatá nebo stopkovýtrusná



Skupina: *DIKARYA* Oddělení: *ASCOMYCOTA* – HOUBY VŘECKATÉ

- skupina sdružující houby, jejichž výtrusy vznikají ve (více či méně dokonale vyvinutém) **vřecku** (latinsky **ascus**, množné číslo **asci**)
- vřecko má povahu meiosporangia - zralé vřecko je diploidní buňka, ve které dochází k meiozi při vzniku spor (obvykle je jedinou diploidní buňkou v živ. cyklu)
- spory se tvoří endogenně, obvykle v počtu 8 v jednom vřecku (po meioze ještě 1 mitóza, ale může jich být i jiný počet)
- u mnoha zástupců se vřeka a askospory za normálních podmínek vůbec netvoří a houba žije jen v imperfektním stadiu (anamorfa)
- vegetativní stélka - přehrádkované **mycelium** (u kvasinek i jednotlivé buňky, resp. jejich kolonie, příp. pučivé pseudomycelium); vegetativní mycelium je haploidní (výjimky opět u kvasinek)
 - přehrádky mají ve středu **jednoduchý pór** (výjimečně chybí)
- u zástupců pododd. *Pezizomycotina* při pohlavním procesu dochází ke vzniku dikaryotických hyf, tvořících **plodnice (askomata)** => v plodnicích pak dochází ke karyogamii v koncových buňkách **askogenních hyf** – z nich vznikají vřeka
 - vegetativní dikaryotické mycelium se vyskytuje u *Taphrinomycetes*
- jedná se o nejpočetnější skupinu hub, zahrnující cca 60 % známých taxonů
- do tohoto pododdělení patří většina známých lichenizovaných hub a taktéž většina známých imperfektních hub (žijících pouze jako anamorfy) přísluší sem

Pododdělení: ***TAPHRINOMYCOTINA***

pravděpodobně parafyletická skupina, "slepená" na základě molekulárních analýz, stojí na bázi vývoje vřeckatých hub

Třída: ***SCHIZOSACCHAROMYCETES***

- morfologicky podobná třídě *Saccharomycetes*, ale znaky v sekvencích DNA a RNA ukazují spíše na příbuznost s dalšími řády než s pravými kvasinkami
- jednotlivé buňky, netvoří se vláknité typy
- nepohlavní rozmnožování **dělením a rozpadem buněk**

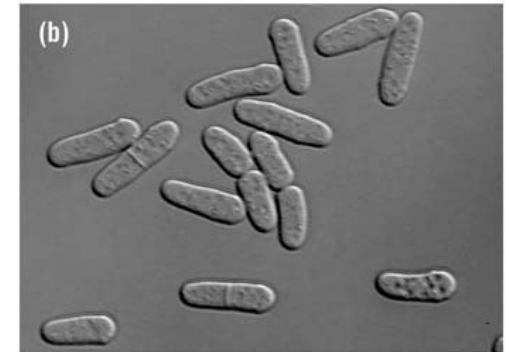
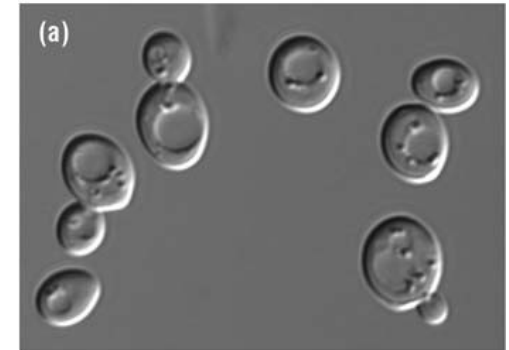
Schizosaccharomyces pombe

- výroba "afrického piva" z prosa,

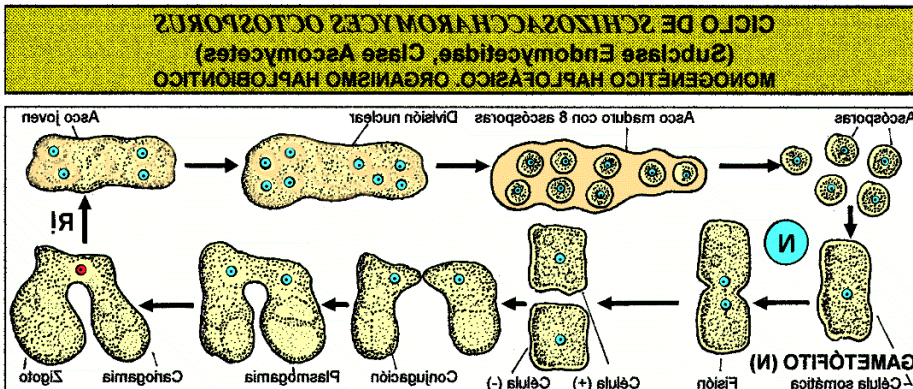
Schizosaccharomyces octosporus

- ve fíciích a hroznech (kvašení vína)

From **The Cell Cycle: Principles of Control**
by David O Morgan



© 1999–2007 New Science Press



Zdroj:

<http://www.uniovi.es/bos/Asignaturas/Botanica/9.htm>

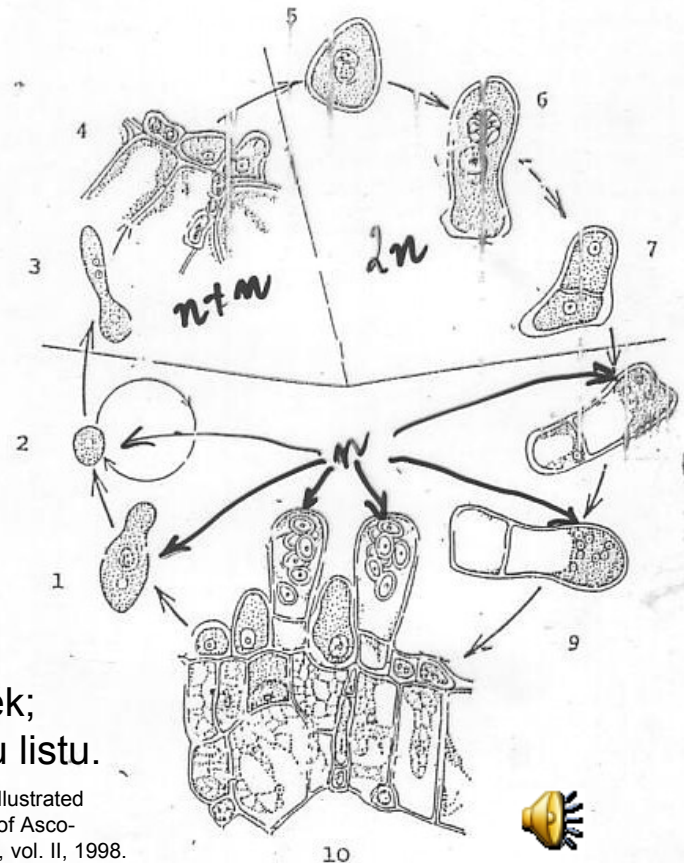
Srovnání způsobů tvorby nových buněk:
(a) pučení u *Saccharomyces cerevisiae*,
(b) dělení buněk *Schizosaccharomyces pombe*

<http://www.new-science-press.com/browse/cellcycle/illustrations/2/>

Třída: *TAPHRINOMYCETES*

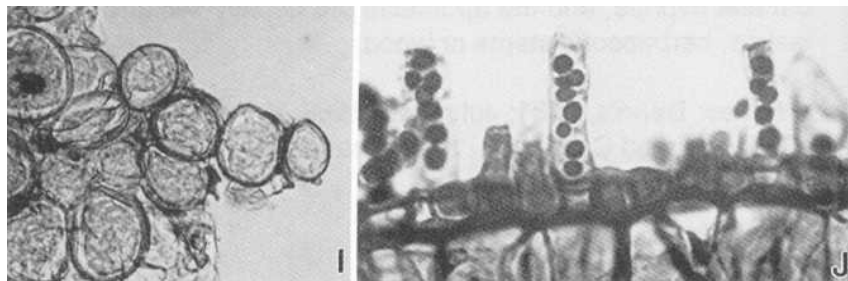
řád *Taphrinales*, čeleď *Taphrinaceae* – parazité rostlin, liší se od předchozích tříd (i od druhé čeledi v této třídě) tvorbou dikaryotického parazitického mycelia

haploidní fáze je saprofytická – kvasinkovitě buňky => kopulace vypučivších blastospor nebo párování jader v pseudomyceliu => dikaryotické mycelium (parazitické, přehrádkované; netvoří se gametangia ani askogenní hyfy), vytváří na povrchu hostitele chlamydospory => v nich karyogamie => zygota => rozdělení ve dvě buňky => bazální degeneruje, z terminální se vyvine vřecko s dvojrstevnou stěnou => spory se uvolňují pod tlakem štěrbinou => zase pučí (mohou se takto pomnožit už ve vřecku)



I: *Protomyces macrosporus*, shluk askogenních buněk;

J: *Taphrina deformans*, vřečka se sporami na povrchu listu.



Hanlin: Illustrated Genera of Ascomycetes, vol. II, 1998.

Obr. 40: Životní cyklus druhu *Taphrina deformans* (*Taphrinales*).

- 1 – pučící askospora,
- 2 – tvorba blás. spor,
- 3 – plazmogonie a vznik dikaryotického mycelia,
- 4 – chlamydozoospory na pletivu hostitele,
- 5 – karyogamie,
- 6 – mitotické dělení buňky,
- 7 – bazální buňka a základ vřeka,
- 8 – vřecko s meoz.,
- 9 – vřecko po následující mitóze,
- 10 – zralá vřečka se sporami v pletivu hostitele (podle URBANA a KALINY).

***Taphrina deformans* způsobuje kadeřavost listů broskvoní**

/kresba: a. listy, b. vřecka, c. spora

Zdroj: R. T. Hanlin: Illustrated Genera of Ascomycetes, vol. II, 1998.

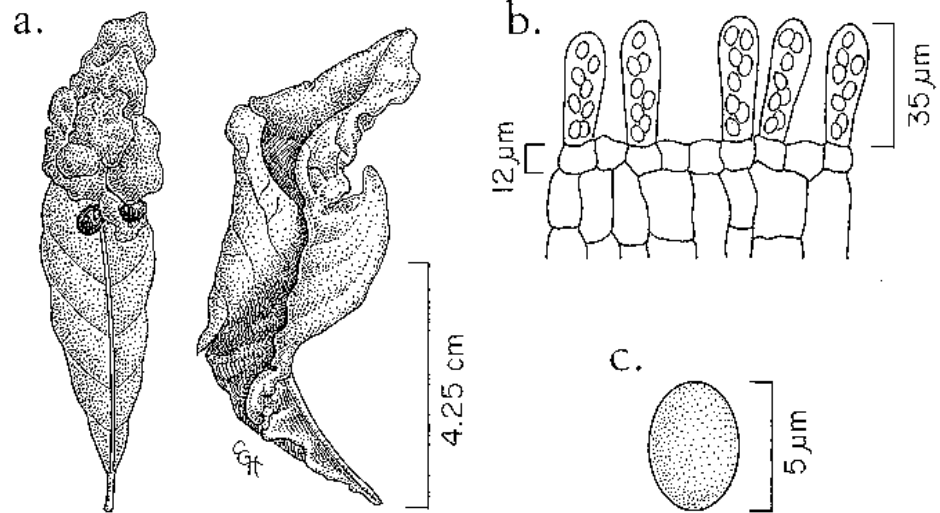
+ foto vpravo/

***T. pruni* - bouchoře (nedozrávající a zpotvořené plody slivoní)**

/foto uprostřed/

***T. cerasi*, *T. betulina* parazitují v pletivech pupenů, způsobují tvorbu čarověníků (zmnožení větví)**

/foto vlevo/



<http://www.commanster.eu/commanster/Mushrooms/Asco/SpAsco/Taphrina.betulina.html>



<http://www.nature-diary.co.uk/2005-09-16c.htm>



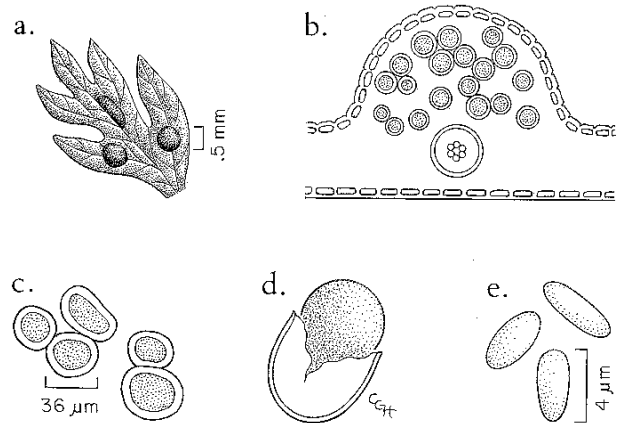
http://ocwus.us.es/produccion-vegetal/sanidad-vegetal/Sanidad_vegetal/Tema%2021_HTML/page_09.htm

čeled' *Protomycetaceae* – parazité rostlin s mezibuněčným, přehrádkovaným myceliem s mnohjadernými buňkami, zjištěna u nich celulóza v buněčné stěně na myceliu se vytvářejí interkalárně tlustostěnné chlamydospory s dvouvrstevnou stěnou – po přezimování praská vnější exospor, vyhřezne endospor => je z něj meiosporangium => meioza => čtveřice jader vzniklých dělením jednotlivých jader představují "bezblanné vřecko", celý útvar se nazývá synaskus => tlakem zvětšující se vakuoly jsou jádra vypuzena ze synasku => buď se množí pučením, nebo kopulují => diploidní mycelium => další infekce

Protomyces macrosporus - parazit miříkovitých

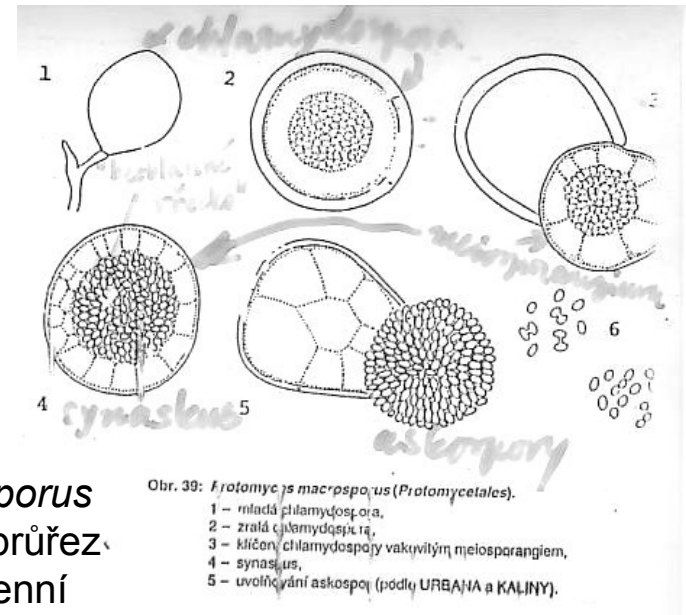


Foto Carl Farmer, <http://www.nature-diary.co.uk/2007-09-15.htm>



Vlevo „hálky“ *Protomyces macrosporus* na bršlici; uprostřed a. „hálky“, b. průřez hálkou, c. chlamydospory - askogenní buňky, d. uvolnění vřecka, e. askospora

Kresba: R. T. Hanlin: Illustrated Genera of Ascomycetes, vol. II, 1998.

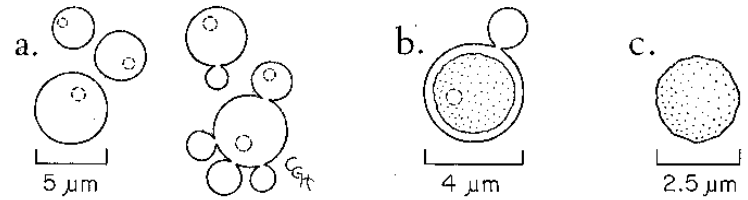


Pododdělení: **SACCHAROMYCOTINA**

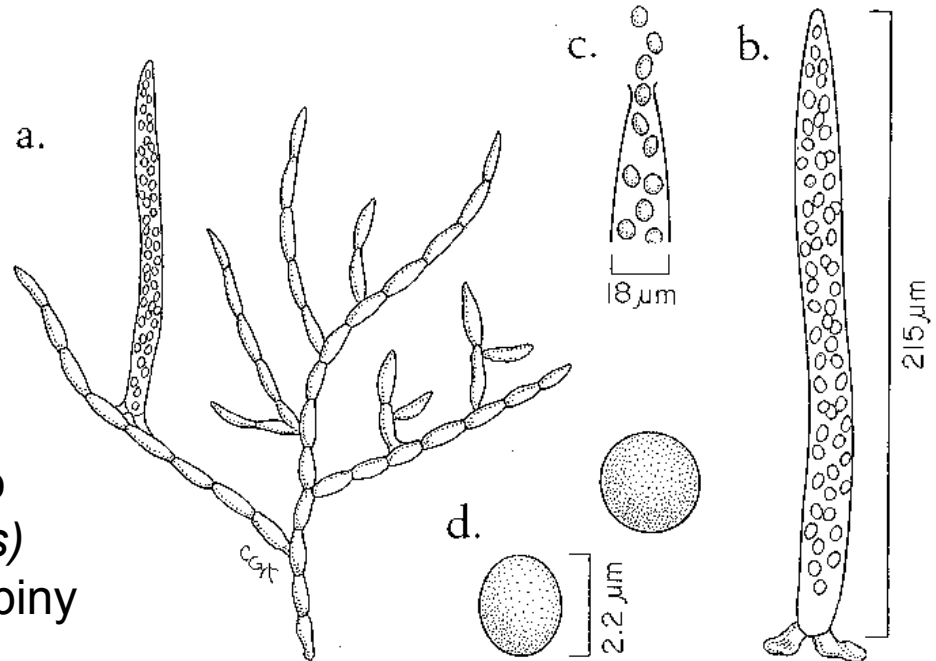


Třída: **SACCHAROMYCETES - KVASINKY**

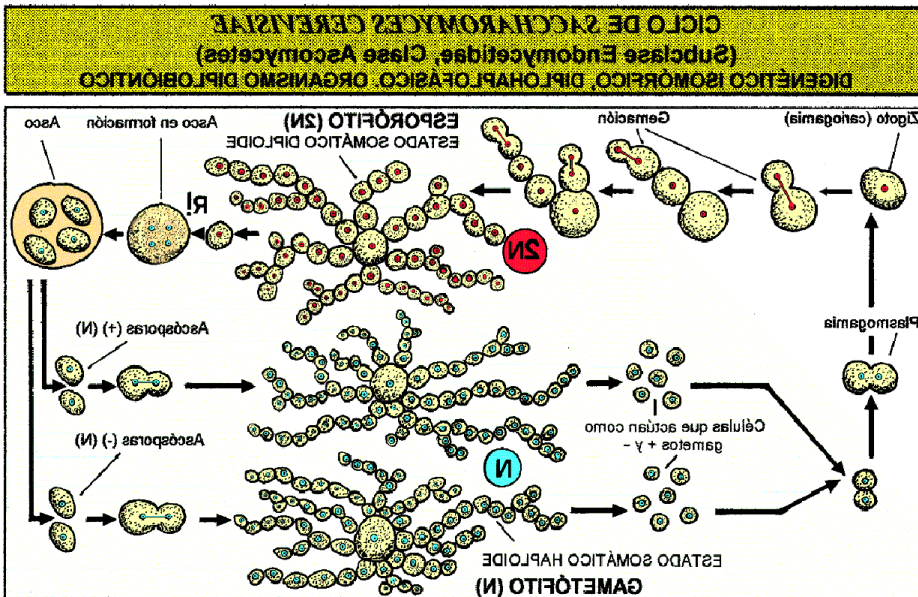
- samostatné buňky nebo pučivé pseudo-mycelium, převažuje nepohlavní rozmnožování (tvorba blastospor)
- převážně saprofyté, jejich fermentace cukrů (rozklad na etanol a CO₂) a syntéza různých organických látek jsou bohatě využívány v biotechnologii



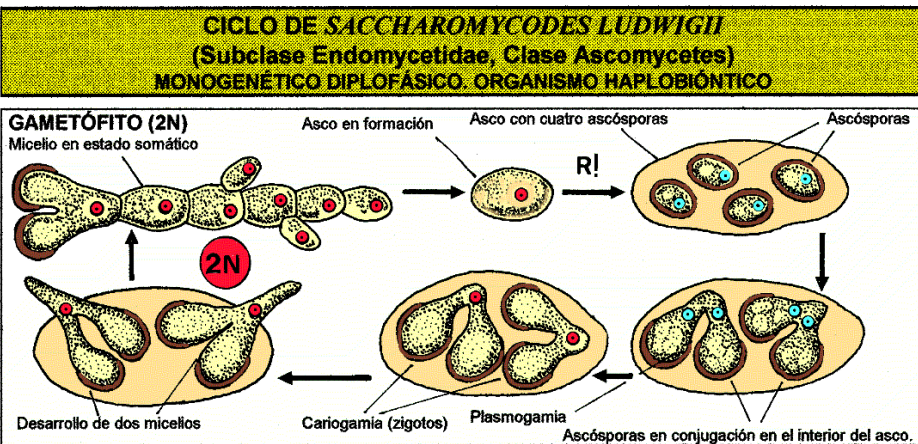
Saccharomyces cerevisiae (kvasinka pivní) - výroba piva, droždí; haplo-diplobiotický cyklus, v kultuře pohromadě haploidní i diploidní buňky
Endomyces - tvorba arthrospor (mycelium se rozpadá na úseky)
Dipodascus - vláknité endofytické mycelium, zvláštností je kopulace gametangií; na podobnosti pohlavního procesu s *Endogonales* (*Zygomycetes*) byla založena teorie o vývinu této skupiny právě od předků spájivých hub



Obr. nahoře: *Debaryomyces hansenii*, a. veget. buňky, pučení, b. jednoduché vřecko, c. askospora;
dole: *Dipodascus albidus*, a. mycelium, b. a c. vřecka, d. askospory. Hanlin: Illustrated Genera of Ascomycetes, vol. II, 1998.



- pohlavní rozmnožování somatogamické (vzácněji kopulují gametangia nebo aplanogamety) => v zygotě je pouze 1 jádro (splývaly-li vícejaderné buňky, ostatní jádra degenerují) => vřečka vznikají přímo ze zygoty (holozygotní) nebo jako výrůstek ze zygoty (exozygotní druhy) nebo ze zygoty vyroste diploidní mycelium a na něm se vytvoří vřečka => spory se uvolní rozpadem vřečka nebo pórem na vrcholku
- životní cyklus u různých druhů haplobiotický, haplo-diplobiotický (převážně izomorfická rodozměna, viz *Saccharomyces*) nebo diplobiotický (*Saccharomyces*)



Zdroj: <http://www.uniovi.es/bos/Asignaturas/Botanica/9.htm>

