

2.9.06

Mykologie

Mykologie: vědní obor zaměřený na studium hub a houbových organismů

<http://botanika.prf.jcu.cz/mykologie/>

2.9.06

Proč studujeme houby?

• **Nedílná součást ekosystému** – energetické cykly, přeměna organické a anorganické hmoty

1. rozklad dřevní hmoty
2. zpřístupňování živin pro jiné organismy
3. rozklad kostní hmoty a rohoviny
4. akumulace a transformace těžkých kovů
5. Úprava pH substrátů, výměna plynů ... etc.
6. Produkce metabolitů



•**Široká geografická valence** – od severního pólu po tropy, adaptace na vysokou nadmořskou výšku, tlak, vysoké teploty, zasolení, sucho , kyselé pH, aerobní podmínky

příklady

Hymenoscyphus ericae pH –2-3, symbiont vřesovištních rostlin

Serpula lachrymans – Dřevomorka domácí- Adaptace na suché dřevo a jsou schopné eliminovat vysoké dávky Zn a Cu (fungicidy)

Debaryomyces hansenii – mořská kvasinky regulace turgoru ($K^+ > Na^+$)

Dactylaria gallopava – termální prameny, 60°C

Talaromyces flavus - 80°C

- **Nutriční adaptace** – symbionti, parazité rostlin, parazité obojživelníků, ryb, ptáků a savců, saprofyté

příklady

- **Symbionti rostlin** – endofyté travin, mykorhizní druhy h

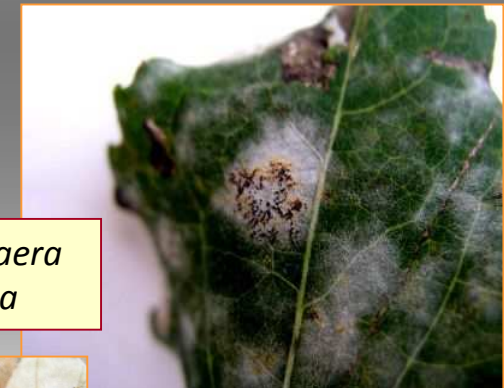


Scleroderma citrinum -
ektomykorhiza

- **Parazité rostlin** – obligátní nebo fakultativní, biotrófní, nekrotrofní a přechodné formy

- **Parazité živočichů** – mykózy

- **Saprofyté** – rozklad organické hmoty



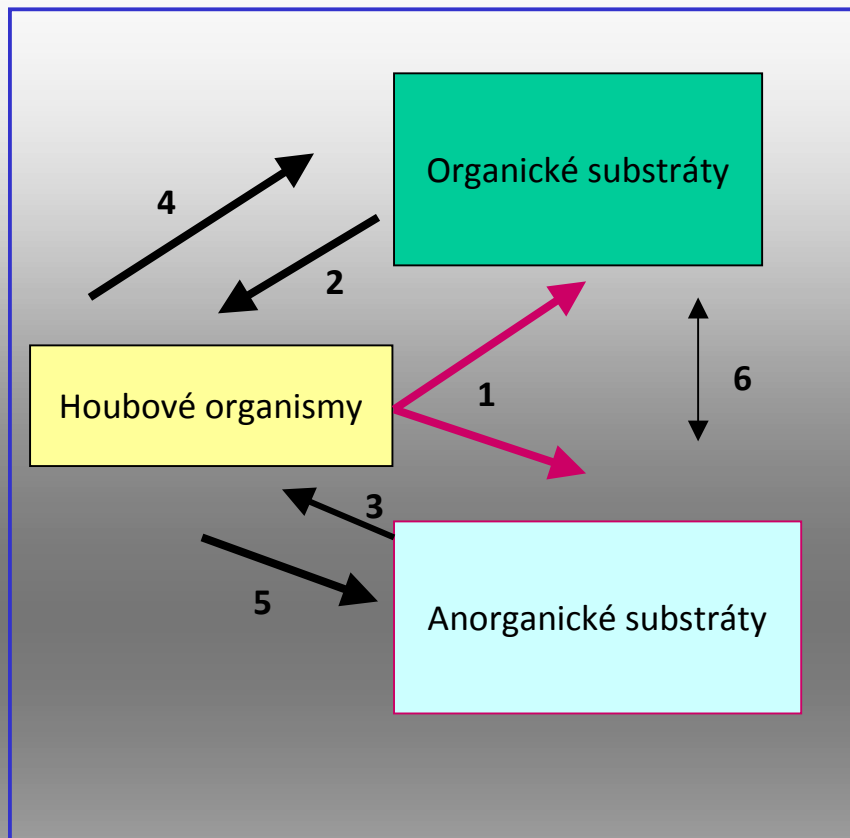
*Microsphaera
penicillata*

- **Parazité hub**

Spinellus fusiger



Helvella crispa



1. organické a anorganické transformace vznikají enzymatickou činností hub a působením metabolitů

2. Absorpce, metabolismus nebo degradace organického substrátu

3. Absorpce, akumulace, sorpce a metabolismus anorganických substrátů

4. Produkce organických metabolitů, exopolymerů a biomasy

5. Produkce anorganických metabolitů, sekundárních minerálů a transformovaných metaloidů

6. Chemická interakce mezi substráty

Houby v ovzduší – aeromykologie (alergologie, hygienické stanice, fytopatologická prognóza a signalizace)



Mykologie na PrF

Obecné cíle kurzu KBO 135:

- seznámit studenty houbovými organismy
- Biologií a fyziologií HO
- Ekologií HO
- Diverzitou HO

Předpokládané cíle studentů:

Bylo by dobré znát:

1. Co to je za organismus? Jak žije a přežívá? A proč zrovna takhle?
2. Kam s ním? Samostatná říše – jak to? Hm – to se budu muset naučit další systém a spoustu nových latinských slovíček –bude to mít alespoň nějakou logiku?

Tři přání k zápočtu:

Terénní kurz, seznam druhů a poznávačka



Písemné odpovědi na **zvídavé otázky** během přednášek (cca 13) (Stručné, jasné a pravdivé, 1 přednáška – 1-3 zvídavé otázky)

Skupinová práce – prezentace v ppt. v zápočtovém týdnu



Houby a člověk

Vztahy pozitivní a prospěšné



- **Biotransformace** - **Fermentace** – kvasinky (alkohol, chleba, steroidy)
- **Využití metabolitů** – antibiotika, rostlinné hormony, cytostatika, alkaloidy
- **Využití enzymatických aktivit hub** – zrající sýry, tempeh, sojová omáčka, organické kyseliny
- **Využití biomasy jako potravin** – zdroj proteinů – **doplň protein**
- **Biologická ochrana** – zemědělství – využití entomofágních a nematofágních a mykoparazitických hub k eliminaci škůdců a parazitických hub
- **Lesnictví a zemědělství** - využití mykorhizních hub k produkci rostlin





Negativní vliv hub

- **Choroby rostlin** – ohrožení produkce zemědělských plodin

Phaeoannellomyces werneckii

- **Mykózy** – zvířata a lidé



- **Mykotoxiny** – sekundární metabolity

Alergie



Hniloby a kazivost – potraviny, organické produkty



Ustilago maydis

Ka, 2004

Úloha hub v historii lidstva-Etnomykologie

Systematické studie byly započaty před 250 lety

1. **Starověký Egypt-fermentace** je dar boha Osira
2. **Starověké Řecko** – Bakchalie
3. **Římská říše** – Jupiter jako dárce hub a lanýžů
4. **Střední doba kamenná (Maglemose, Dánsko)** – *Troudnatec kopytovitý* (kys. listová, ergosterol, anti –beta aglutinin)
5. **Národy Jižní Ameriky-** Guatemala a Mexiko-využívání halucinogenních hub – *Amanita muscaria*, *Psilocybe cubensis*
6. **Severoamerické národy** – *Fomitopsis officinalis*, *Piptoporus betulinus* –hubky při rozdělávání ohně, zastavení krvácení



Asie – Sibiřské národy – *A.muscaria* – halucinogenní účinky



Čína – tradiční medicína – *Ganoderma*, *Shitake*, *Penízovka*,
Tremella fuciformis

•**Středověká Evropa** – **ergotismus** – *Claviceps purpurea* – námel, *Paličkovice nachová* – postižení nervové soustavy -Tanec svatého Víta (střední a severní Evropa)

Vředovitá gangrenózní forma – svatý oheň (západní Evropa)



Pieter Breughel The cripples

Claviceps purpurea – námel, *Paličkovice nachová*

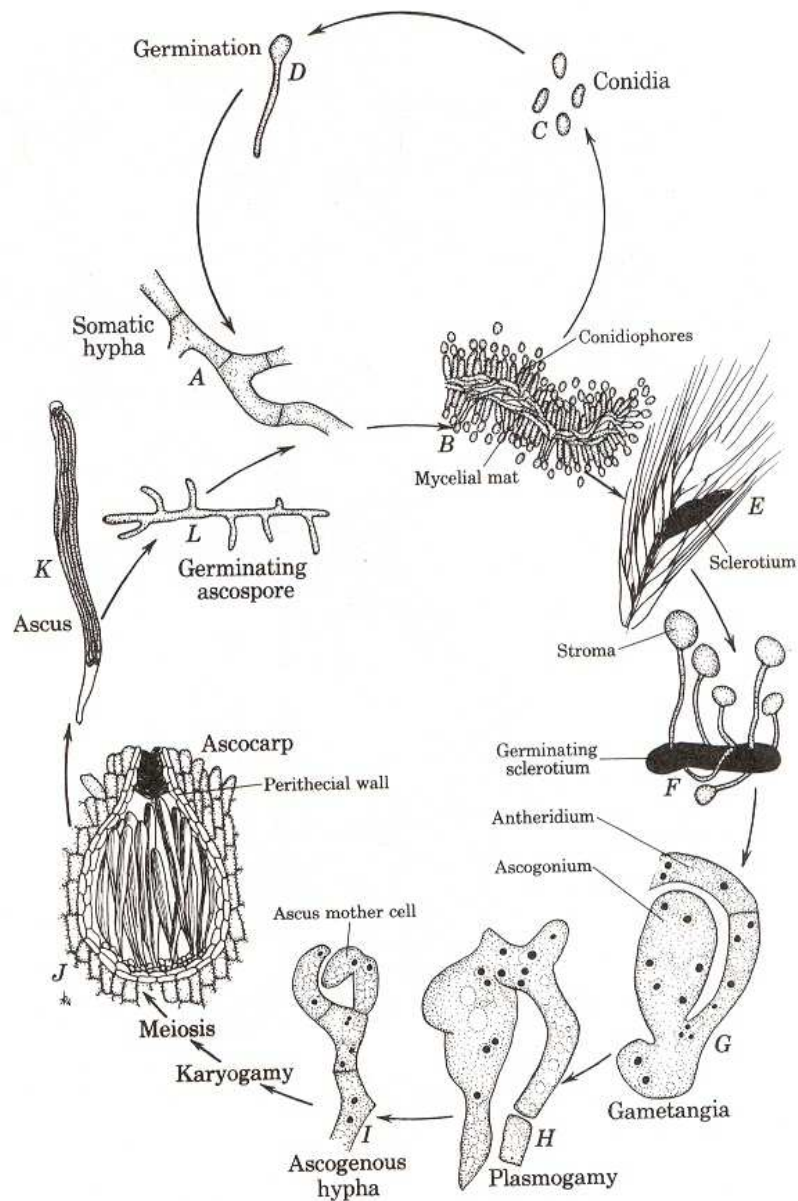


Figure 12-2 Life cycle of *Claviceps purpurea*. [(G–I) Redrawn from O. Brefeld, in A. A. Engler and K. A. E. Prantl. 1897. *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*, Teil I, Abt. I. Wilhelm Engelmann, Leipzig.]

Plíseň bramborová

Phytophthora infestans

- 19. Století – vystěhování Irů a Skotů do Severní Ameriky –
- Plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*) způsobila hladomor



Historie hub a houbařství v Čechách

- Dalimilova kronika (1314) sběr hlívy ze stromů – rod Vršovců
- Jagellonci – tři lékařské spisy (1355) ***Nova vinea seu custodia sanitas*** (Frank Jan) – pojednání o požívání hub: eubolet, eufungi, bukové houby, morchyně...
- Jmenovací listiny Karla IV – dovoluje prostému lidu sběr hub
- 16. Století – Jan Kop z Raumentalu (lékař Ferdinanda I) „hub se v těchto krajích pojídá mnoho, všechny jedovaté nejsou ale i jedlé škodí žaludku.“
- 17. Století – smrže pro panstvo

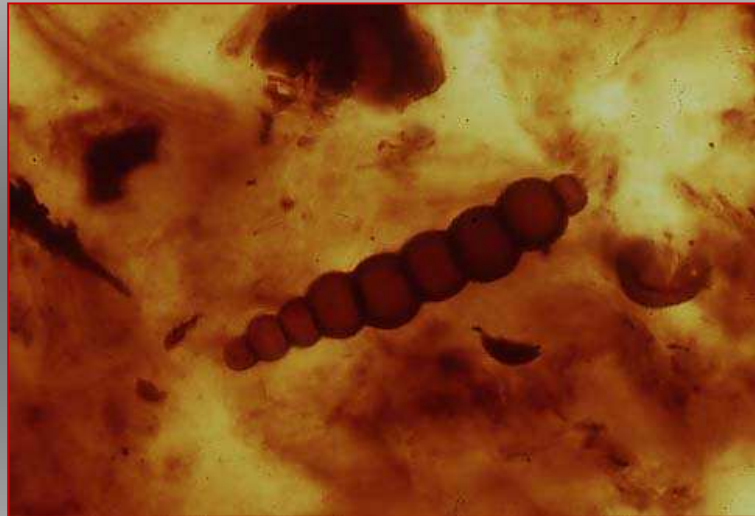
Lékopisné knihy: *Taxa pharmaceutica Posoniensis* (1745): „dřjnowa bjla hauba“ – *Fungus laricis* - (*Lariciformes officinalis*), „bezowa hauba“ (*Hirneola auricula-judae*), Hrijb gelejn (*Elaphomyces granulatus*) a diwoka prachata hauba (*Langermannia gigantea*)

Evolve houbových organismů

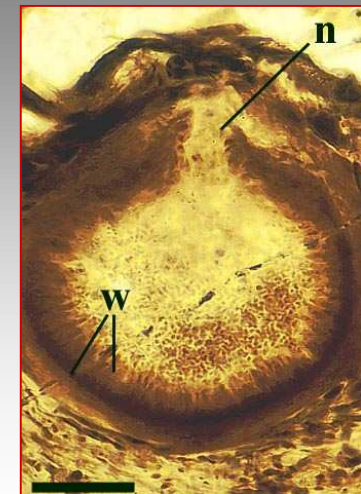
Fosilní nálezy a geologické stáří

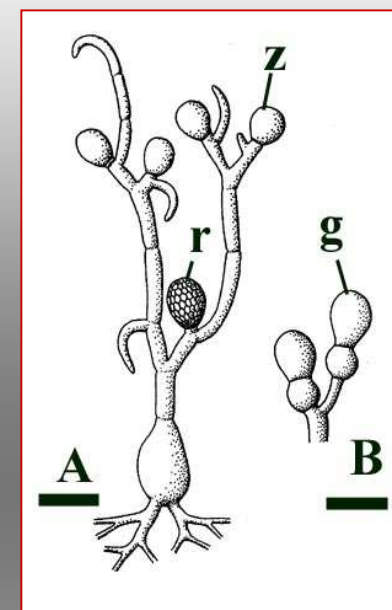
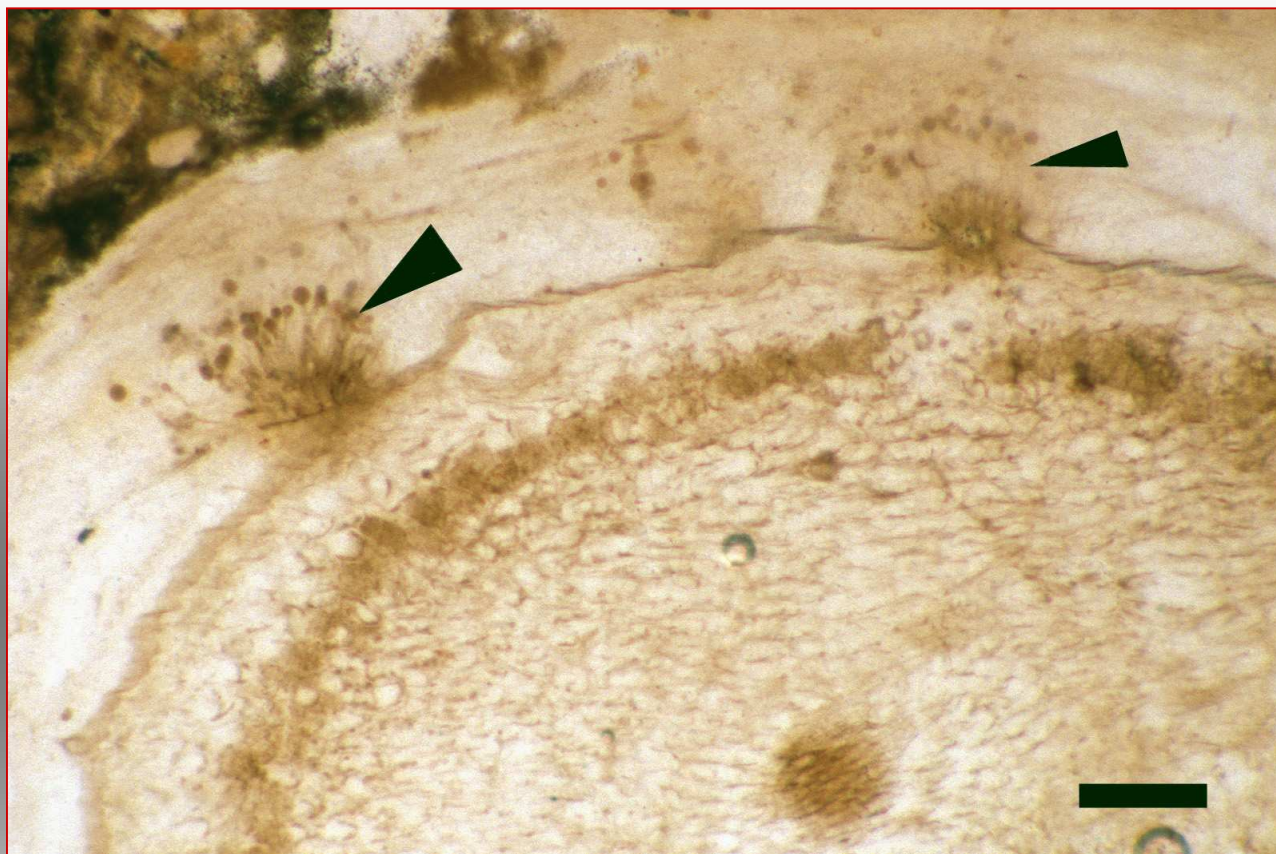


Období Třetihor: Miocén – perithecium (Francie)



Zkamenělý roh (Rhynie chert) –
Devon (Skotsko, Aberdeen)-
Paleomyces





Průřez stonkem *Aglaophyton* :nález *Chytridiomycety* na epidermist stonku *Palaeoblastocladia milleri*! (scale bar = 200 μ m) (Copyright owned by University Münster).

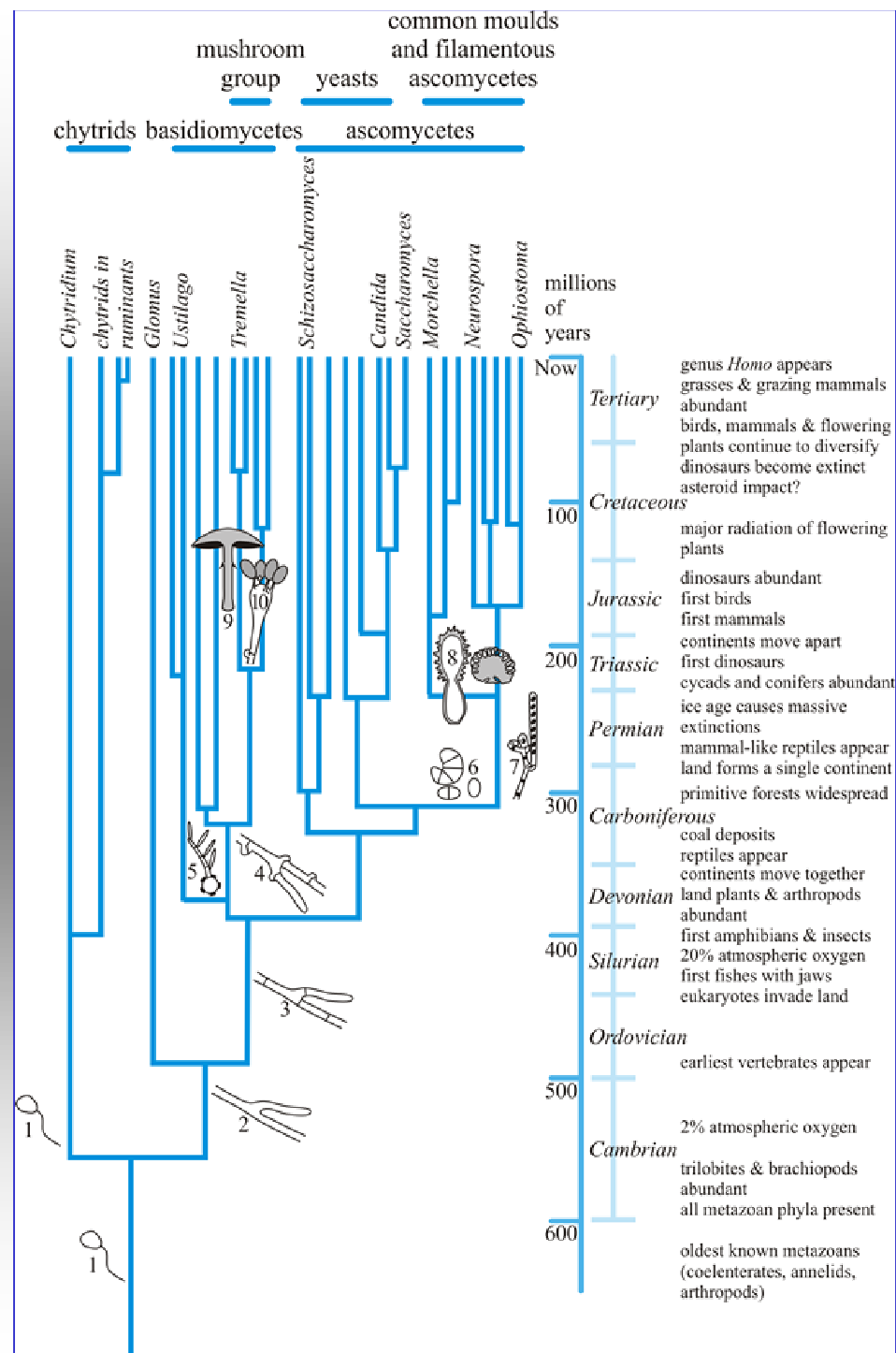
Průběh evoluce u hub – znaky

- **Morfologické a ultrastrukturní změny:**
- **bičík** (*flagellum*) – pravděpodobně znak, který během evoluce mohl opakovaně vymizet a opět se objevit - přechod z vody na souš, změna života – saprofyt- parazit na rostlinách aj.
- **Dolipór** – (pór v přepážce u stopkovýtrusých hub) pravděpodobně v období vzniku striktně oddělil tuto taxonomickou skupinu od ostatních a tak je to dodnes.
- **Nutriční a metabolické změny:** enzymatické aktivity
- **Paleontologické nálezy**

Průběh evoluce u hub – trendy

- Přirozené prostředí a ekologické souvislosti
- Buňka a kolonie (hyfa a mycelium)
- Životní cyklus a sexualita u hub





Tradiční klasifikace hub

- **Přirozená** – hierarchická (založená na obecných znacích)
- **Umělá klasifikace** – houby jako rostlinní patogeni, medicínská mykologie, lesnická mykologie, kvasinky, lišejníky, mikromycety, „airborne fungi“

Tradiční klasifikace hub je založena na taxonomicky platných znacích odpovídajících určité konkrétní taxonomické skupině.



Fylogenetická a kladistická klasifikace

- Konkrétní druh je produktem evoluce, takže klasifikace je založena na evoluční divergenci
- fylogenetické stromy, dendrogramy



Znaky, které se používají při klasifikaci hub v systému

- **Morfologie**
- **Výživa a fyziologie hub**
- **Chemické složení nízkomolekulárních látek – chemotaxonomie**
(lišejníky – sekundární metabolity, rod *Cortinarius* aj)
- **Antigenní vlastnosti – tvorba protilátek u savců – imunoelektroforéza**
- **Sacharidy a komponenty buněčné stěny**
- **Proteiny – enzymatická aktivita**
- **Nukleové kyseliny (PCR, sekvenace)**

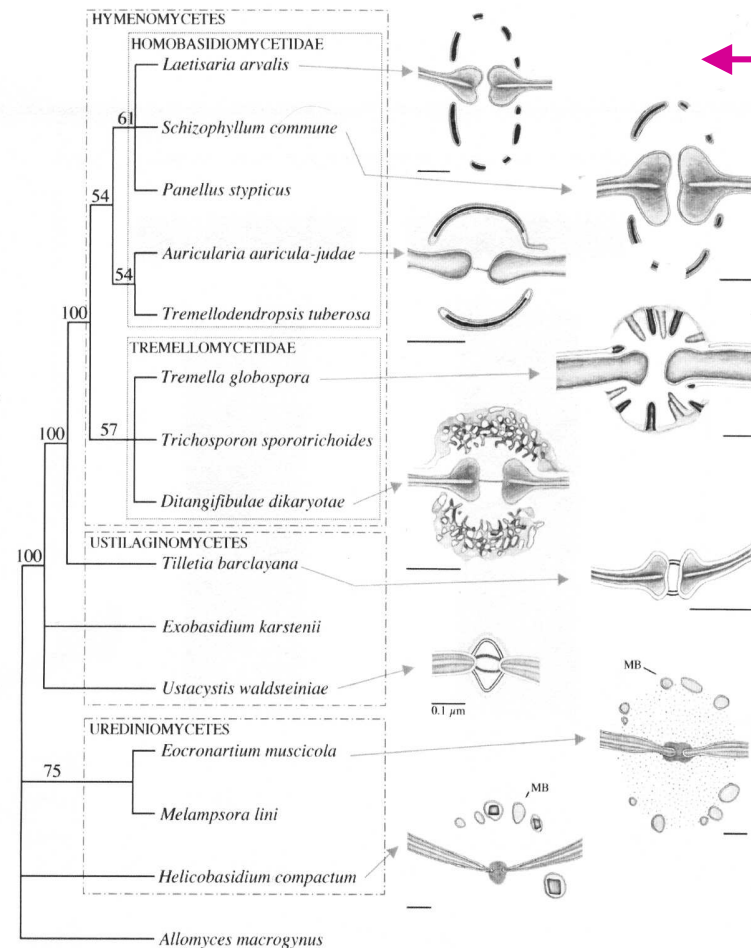


Fig. 7. Cladogram from morphological character analysis of selected taxa in the Basidiomycota illustrating variation in the septal pore apparatus of uniperforate septa in the three classes. The tree is a 50% majority-rule consensus of 336 equally parsimonious trees of 17 steps using a character matrix of equal weight and rooted using *Allomyces macrogynus*. Values above branches indicate frequency of branch recovery in all equally parsimonious trees. The following septal pore variations are illustrated: simple septum with membranous or nonmembranous pore occlusions and with (Urediniomycetes) or without (*Ustilacystis waldsteiniae*) associated microbodies (MB), septal pore swelling without pore caps (*Tilletia barclayana*), septal pore swelling with two variations of elaborated septal pore caps (Tremellomycetidae), and septal pore swelling with simple pore cap with or without perforations (Homobasidiomycetidae). Scale bars = 0.25 μ m except where indicated. Illustrations from top to bottom interpreted from Hoch and Howard (1981); Müller et al. (1998); Li and McLaughlin (1991); Berbee and Wells (1988); Adams et al. (1995); Bauer et al. (1997); Bauer et al. (1995); Boehm and McLaughlin (1989); D. McLaughlin, University of Minnesota.

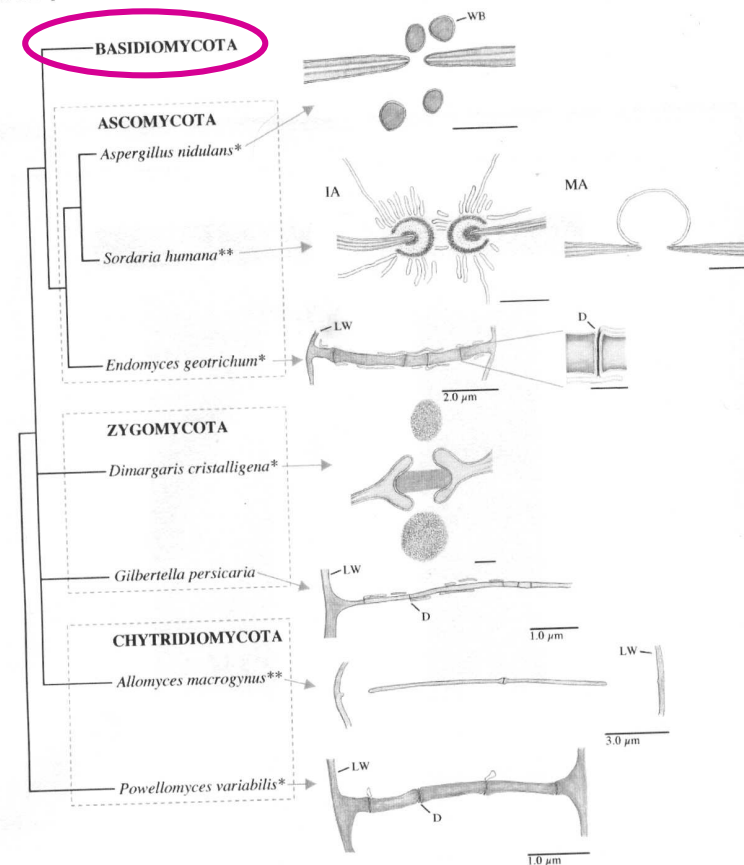


Fig. 6. Cladogram based on current molecular hypotheses of the relationships among the major lineages of Fungi illustrating septal pore variation in three phyla. Drawings are interpretations of published micrographs of vegetative septa, except for *Sordaria humana*, which are based on the mature (MA) and immature (IA) ascus, and *Gilbertella persicaria*, which is based on the gametangial septum. An asterisk (*) indicates a taxon not present in Fig. 2; a double asterisk (**) indicates a different species of a monophyletic genus present in Fig. 2. Six variations on septal pore organization are illustrated: multiperforate septum with plasmodesmata and desmotubules (D, *Powellomyces variabilis*, Spizellomycetidae; *Gilbertella persicaria*, *Endomyces geotrichum*, Saccharomycotina), multiperforate septum with peripheral pores and plugged central pore (*Allomyces macrogynus*), uniperforate septum with lenticular cavity, nonmembranous pore occlusion, and associated nonmembrane-bound globules (*Dimargaris cristalligena*, Dimargaritales, possible sister group to Kickxellales), uniperforate septum with Woronin bodies (WB; *Aspergillus nidulans*, Eurotiomycetidae), and uniperforate septum with torus and radiating tubular cisternae or forate septum with Woronin bodies (*Sordaria humana* IA and MA, respectively). LW, lateral wall of hypha; scale bars = 0.25 μ m except where indicated. Illustrations from top to bottom interpreted from Momany et al. (2002), Beckett (1981), Kreger-van Rij and Veenhuis (1972), Jeffries and Young (1979), Hawker et al. (1966), Meyer and Fuller (1985), Powell (1974).

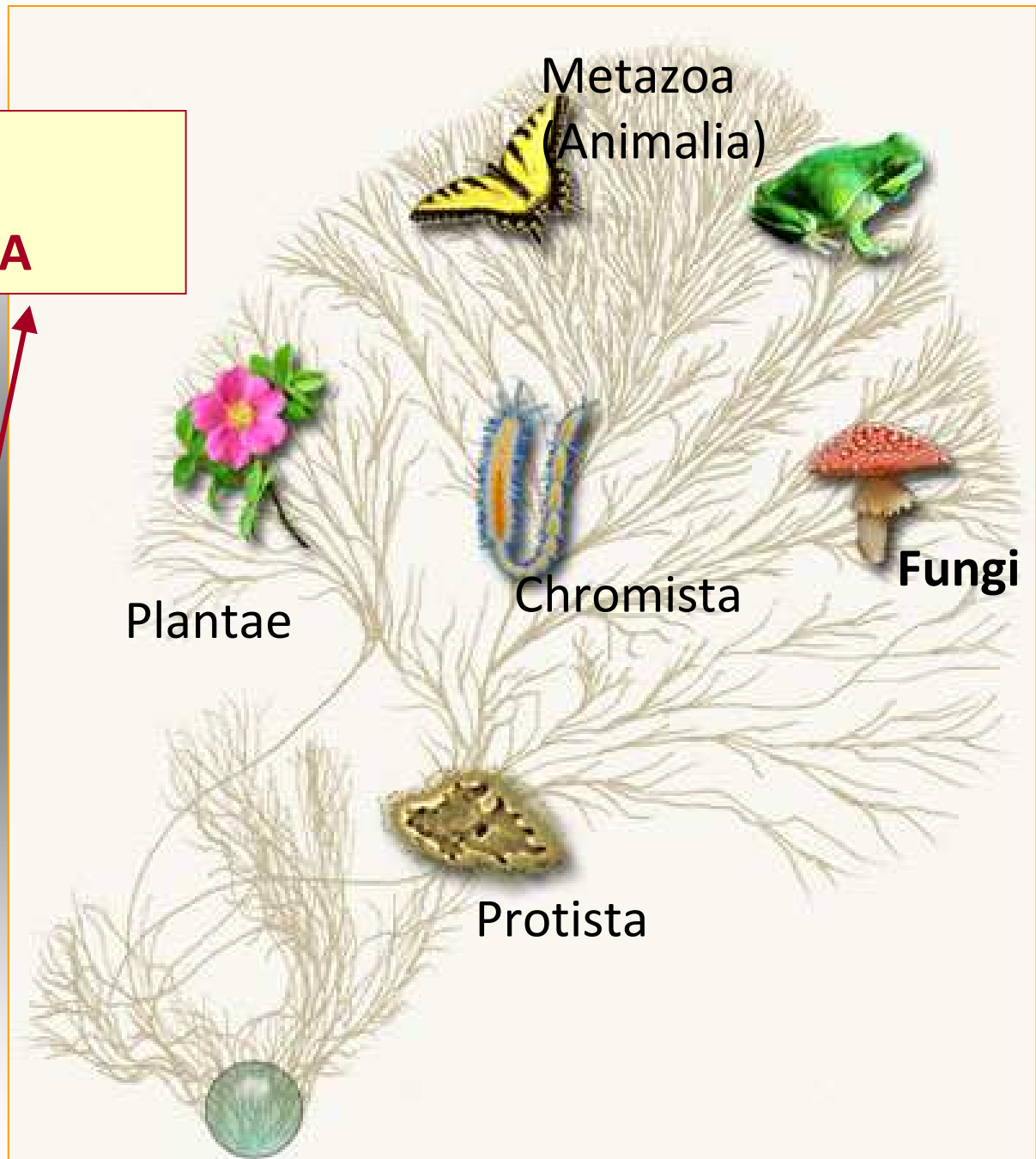
Lutzoni F. et al. (2004) Assembling the fungal tree of life: progress classification, and evolution of subcellular traits. American Journal of Botany 91(10): 1446-1480

Doména
EUKARYOTA

Doména Bakterie

Doména Archea

Univerzální
předek



Říše: FUNGI

Outline classification of Fungi in 21st Century Guidebook to fungi. Moore D., Robson D.G., Trinci P.J., 2011

Říše: EUMYCOTA (Fungi, pravé houby)

Phylum:

- Chytridiomycota (706 species in 105 genera)
- Blastocladiomycota (179 species in 14 genera)
- Neocallimastigomycota (20 species in 6 genera)
- Microsporidia (1300+ species in 170 genera)
- Glomeromycota (169 species in 12 genera)
- Ascomycota (64 163 species in 6355 genera)
- Basidiomycota (31 515 species in 1589 genera)



Podříše: Dikarya



Subphylum:

dříve phylum Zygomycota

- Mucoromycotina (*insertae sedis*)
- Entomophthoromycotina
- Zoopagomycotina
- Kickxellomycotina



Říše: Chromista

Phylum: Oomycota

Ph: Hypochytriomycota

Ph: Labyrinthulomycota

Říše: Protozoa*

Phylum: Plasmodiophoromycota

Ph: Acrasiomycota

Ph: Myxomycota

Ph: Chanozoa



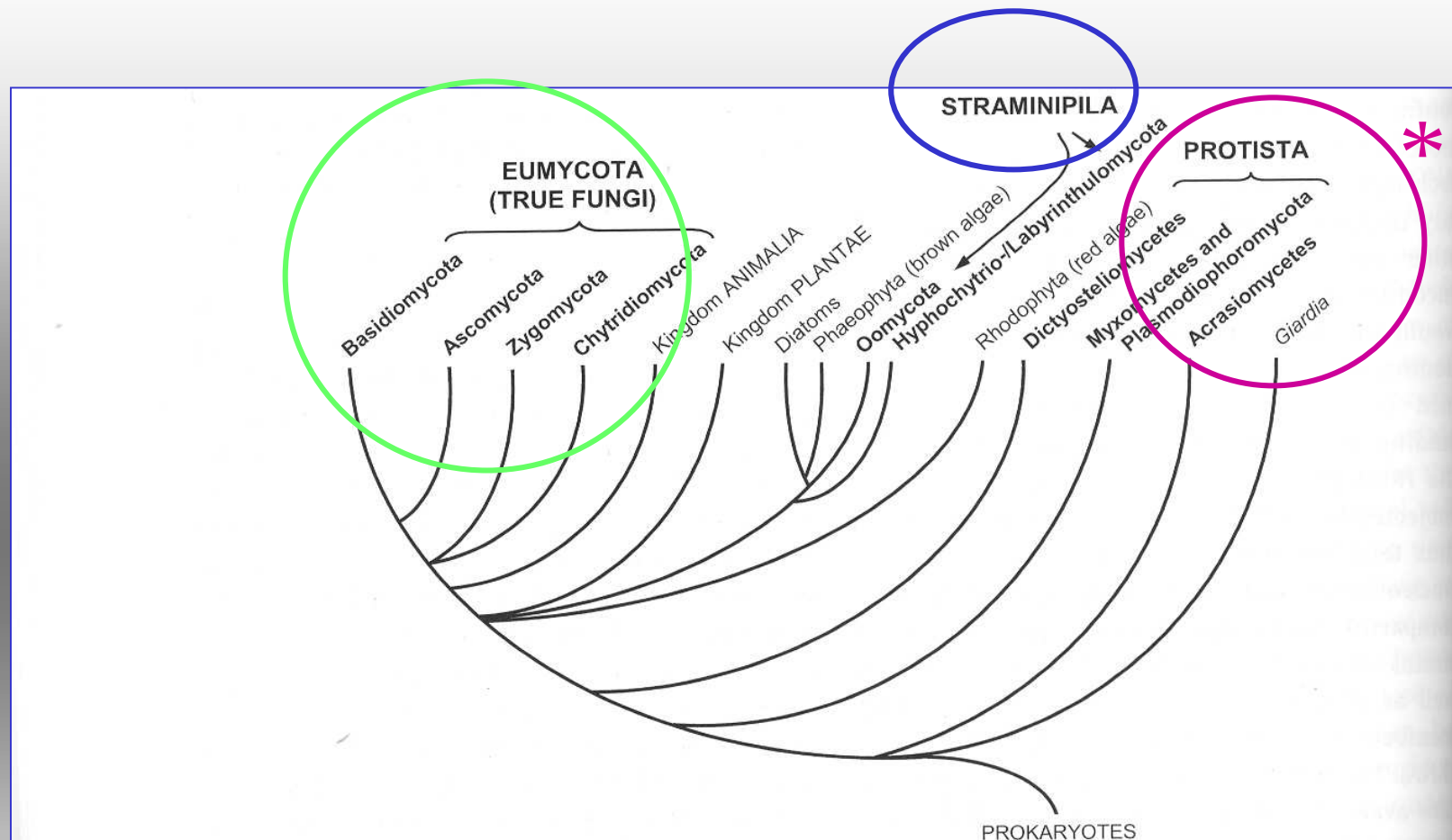


Fig 1.25 The phylogenetic relationships of Fungi and fungus-like organisms studied by mycologists (printed in bold), with other groups of Eukaryota. The analysis is based on comparisons of 18S rDNA sequences. Modified and redrawn from Bruns *et al.* (1991) and Berbee and Taylor (1999).

In: Webster J. and Weber W.S. (2007) Introduction to fungi pp 841 Cambridge University Press.

Fungal genomics



Figure 1. Phylogeny of the fungal kingdom. Major fungal groups colored as indicated by text to right. Diamonds indicate evolutionary branch points, and their approximate dating (bottom), captured by fungal genomes sequenced in or in progress.

Galagan J.E. et al., 2005. Genomics of the fungal kingdom: Insights into eucaryotic biology. *Genome research* 15: 1620-1631

Table 2.2 Important groups of fungi

Features that may be shared by several groups	Group	Kingdom
Trophic phase ^a lacking cell walls. Able to ingest particulate food. The slime moulds	1. Cellular slime moulds. Amoebae aggregate to form a 'slug' which gives rise to a fruit body. Example: <i>Dictyostelium</i>	Protozoa
	2. Plasmodial slime moulds (Myxomycetes). Amoeboid phase followed by a multinucleate plasmodial phase. Example: <i>Physarum</i>	
	3. Oomycetes. Zoospores biflagellate ^b , sexually produced spores are oospores. Walls contain cellulose. Example: <i>Saprolegnia</i>	Chromista
	4. Chytridiomycetes. Zoospores uniflagellate ^c . Sexual process may involve fusion of motile gametes, walls contain chitin. Example: <i>Allomyces</i>	
Trophic phase with cell walls; nutrition exclusively absorptive. The fungi (in the informal sense)	5. Zygomycetes. Sexually produced spores are zygospores. Example: <i>Mucor</i>	Fungi
	6. Ascomycetes. Sexually produced spores are ascospores. Example: <i>Pyrenoma</i>	
	7. Basidiomycetes (mushrooms, toadstools, rusts and smuts). Sexually produced spores are basidiospores. Example: <i>Agaricus</i>	
	8. Mitosporic fungi. No sexually produced spores. Example: <i>Penicillium</i>	

^a The phase concerned with nutrition and growth.

^b Having two flagella.

^c Having a single flagellum.

Trofická fáze – nemá pravou buněčnou stěnu – améby – plasmodium



Spóry – bs obsahuje chitin

Fagocytóza

Hlenky

•Hyfy bez přepážek – coenocytická

•Biflagelátní zoospóry vývojově odvozenější skupiny – sporangia a sporangiospóry

•Buněčná stěna obsahuje chitin

GLOMEROMYCOTA new!!!

In: Carlile M.J., Watkinson S.C., Gooday G.W. (2001) (reprint 2007) The fungi. Elsevier Ltd.

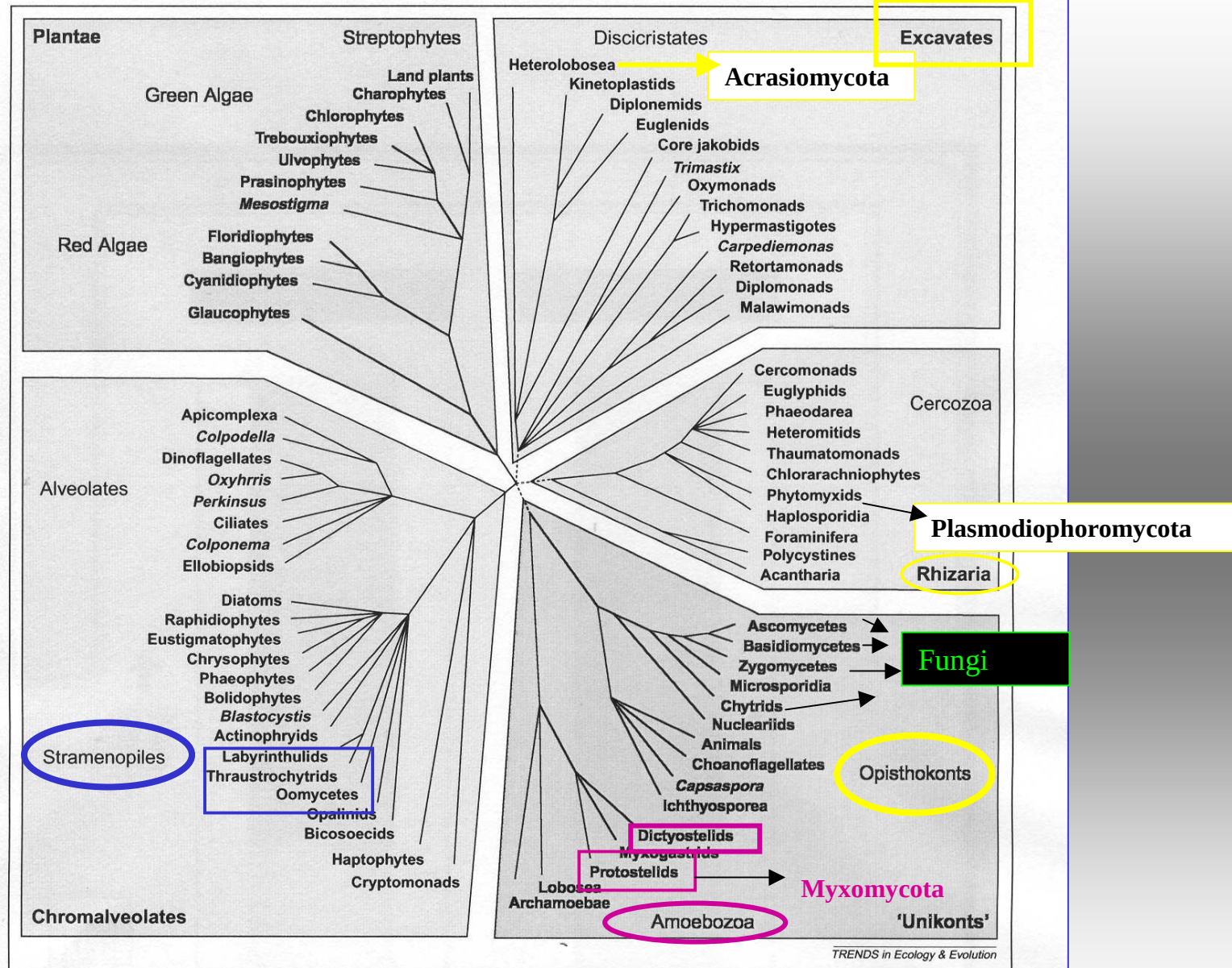


Figure 1. A tree of eukaryotes. The tree is a hypothesis composed from the various types of data discussed in the text, including molecular phylogenies and other molecular characters, as well as morphological and biochemical evidence. Five 'supergroups' are shown, each consisting of a diversity of eukaryotes, most of which are microbial (mostly protists and algae). Relationships are left unresolved (i.e. where several branches emerge simultaneously) when there is little or no evidence for the branching order. Other branches are shown dotted when there are only preliminary indications for this relationship. A handful of 'orphan' genera and two groups, Apusozoa and centrohelid Heliozoa, are not shown. There are few data from these organisms and they are not yet associated with any of these groups.

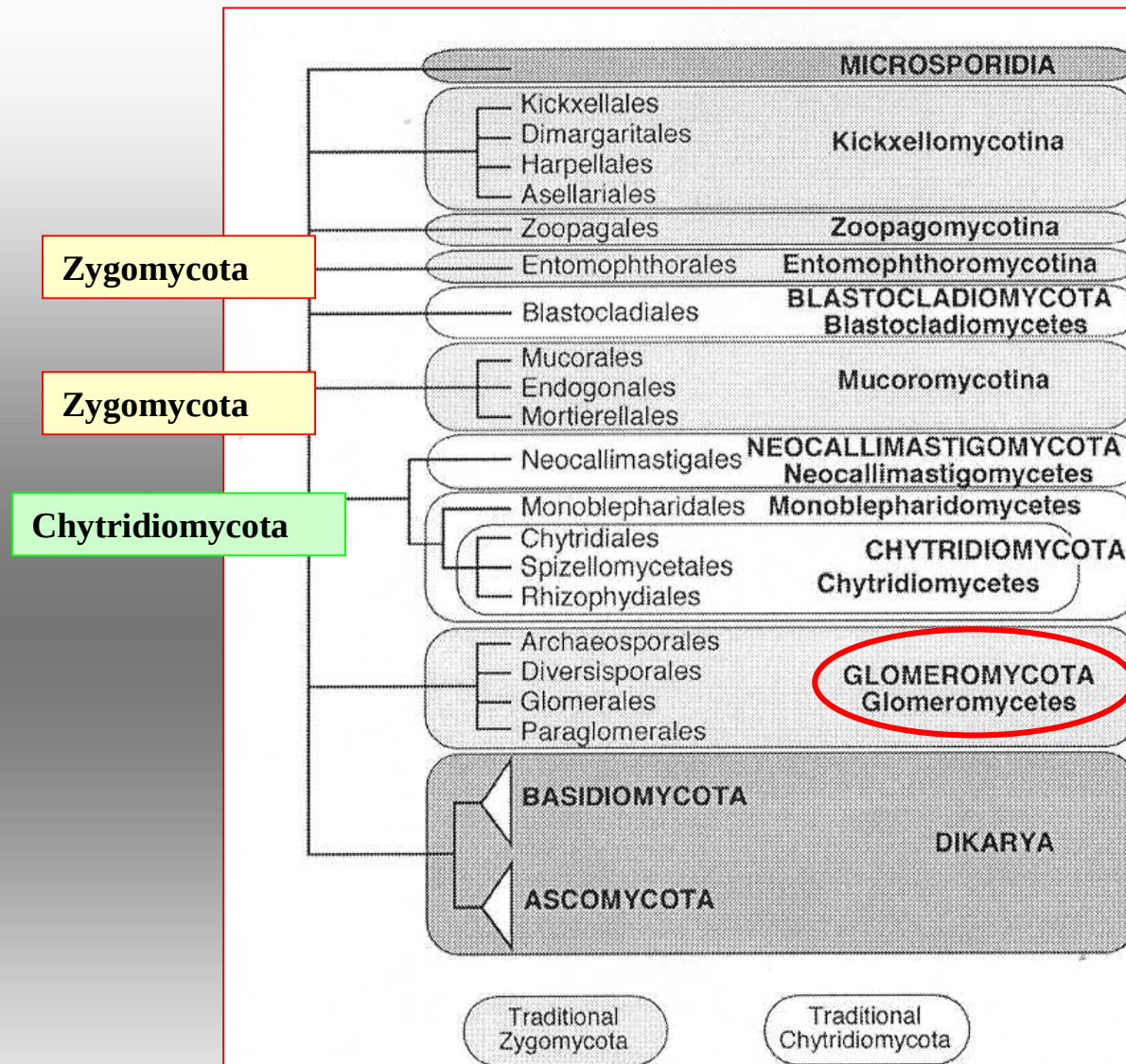


Fig 1 – Phylogeny and classification of Fungi. Basal Fungi and Dikarya. Branch lengths are not proportional to genetic distances. See Table 1 for support values for clades.

Hibbett D.S et al., 2007. A higher level of phylogenetic classification of the FUNGI. Mycological research 509-547

Ribosómy cytoskeleton buněčnou stěnu

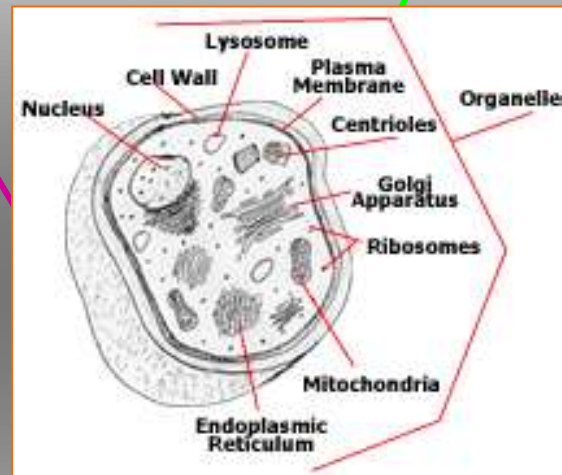
Chromosómy spindle bodies

Eukaryotická
buňka

Říše: FUNGI

Má tyto sub-organely

Typická a jedinečná
struktura buněčné
stěny



Má tyto organely

Cytoplasma

Centrální vakuola

Golgiho aparát

mitochondrie

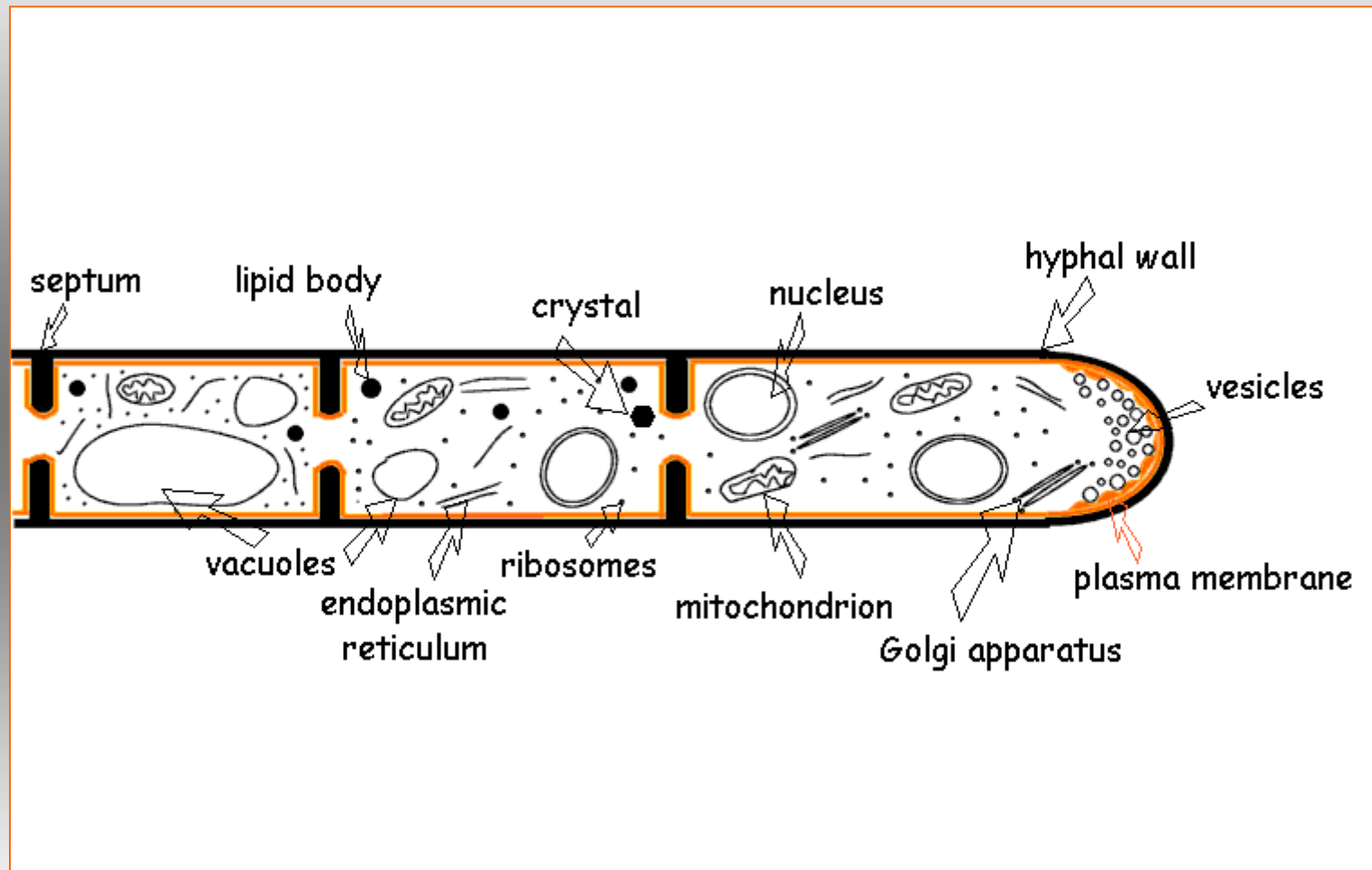
Jádro

Buněčnou membránu

Hladké endoplasmatické
retikulum

Drsné (granulátní)
endoplasmatické
retikulum

Buňka houbového organismu a organizace hyfy

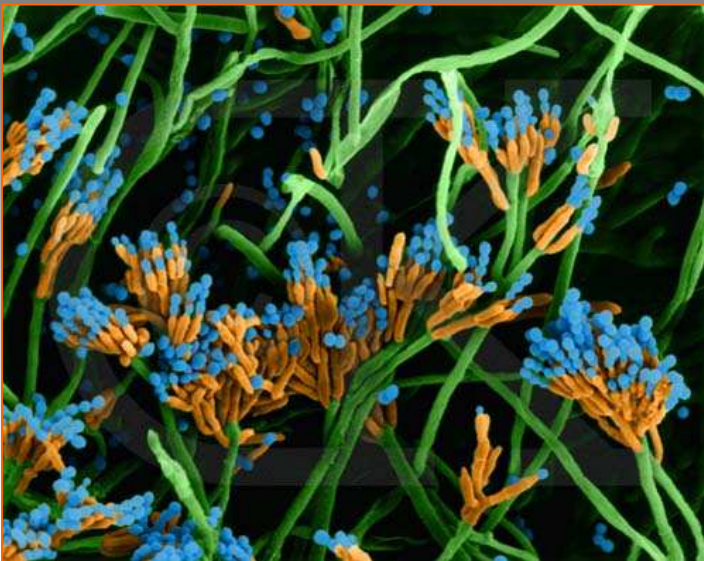


Houby jsou organismy.....

- Mnohobuněčné (vývojově nižší skupiny i jednobuněčné)
- heterotrofní
- Absorbtivní - živiny přijímají extracelulárně enzymatickým štěpením substrátu

Množí se:

- Pohlavně (**pohlavními spórami**), nepohlavně (**nepohlavními spórami**) a vegetativně (segmenty hyfy, sklerocia, chlamydospory etc.)



Tělo houbového organismu tvoří **hyfa**, která může být, podle fylogenetické příslušnosti – **septovaná** (septa oddělují jedno nebo vícejaderné úseky) nebo **neseptovaná** a mnohoaderná (coenocytická).

Hyfa je charakteristická apikálním růstem, větví se a vytváří 3D síť - **MYCELIUM**.

Mycelium je základem pletiv pro plodnice (Askomycota a Basidiomycota) a pro různé vegetativní útvary jako jsou např. sklerocia (námel) a rhizomorfy (viz. Přednáška 2).

Téměř všechny druhy mohou za určitých okolností tvořit jednobuněčnou **kokální stélku – kvasinkovitě tělísko, blastospora.**

Tento jev, kdy houby mění hyfu na kvasinkovitá tělíska a naopak se nazývá **dimorfismus.**



Obecné charakteristiky říše Fungi

Základní vývojové skupiny

Phylum:

Chytridiomycota: (800)

- Coenocytické mycelium
- Zoospory s jedním bičíkem
- vodní & terestrické druhy
- Netvoří plodnice



Glomeromycota: (200)

- Vyčleněné ze Zygomycota
- coenocytické mycelium
- Neznámé pohlavní rozmnožování
- Vesikulo arbuskulární druhy – endomykorhiza
- Netvoří plodnice



Subphylum:

- Mucoromycotina (*insertae sedis*)
- Entomophthoromycotina
- Zoopagomycotina
- Kickxellomycotina



Říše: Fungi:

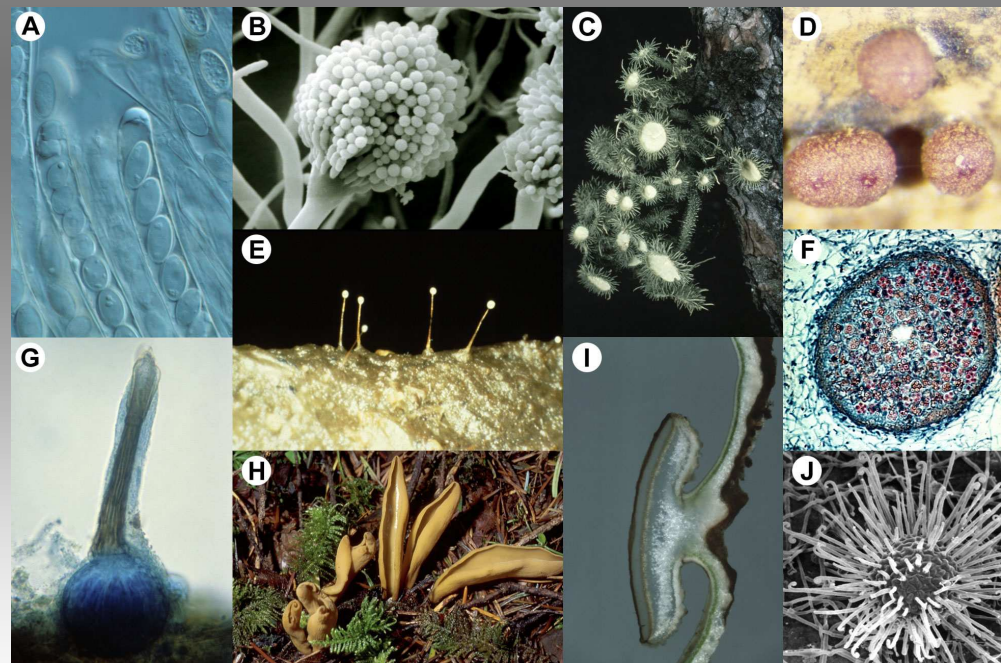
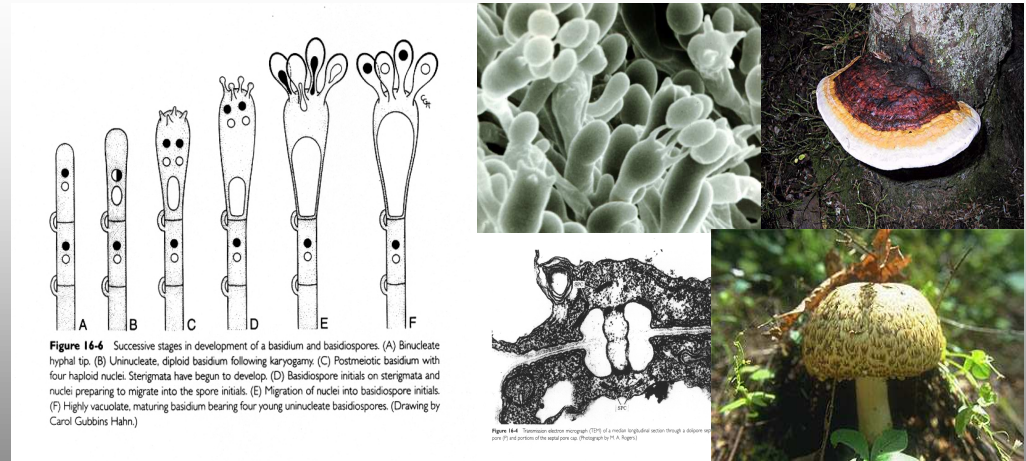
Podříše: Dicarya

Basidiomycota: (22.500)

- Septátní mycelium
- přezky
- Septa + dolipor
- dikaryotické, haploidní mycelium
- Basidiospóry na basidiích (exospory)
- basidiokarpy (makrokarpy, plodnice)
- Nepohlavní rozmnožování - konidie

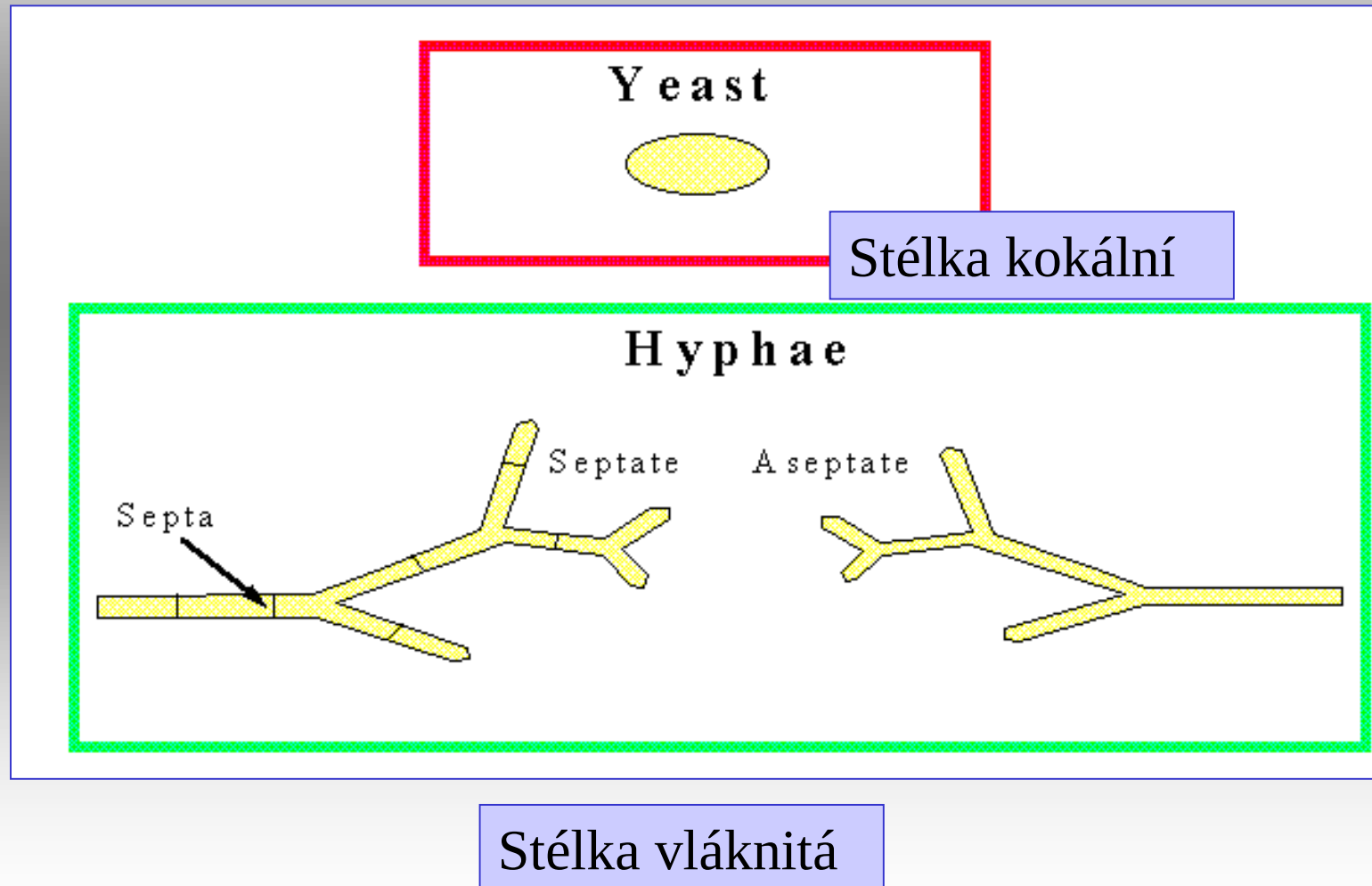
Ascomycota: (35.000)

- Septátní mycelium
- Septum + Voroninova tělíska
- monokaryotické, haploidní mycelium
- Askospory v asku (endospory)
- Askokarpy (plodnice)
- Nepohlavní rozmnožování - konidie



1. Charakteristika stélky

STÉLKA=HYFA



Rozmnožování:

1. Fragmentace hyfy

2. Spóry – pohlavní a nepohlavní

Phyllum -mycota	hyfa	Nepohlavní rozmnožování	Pohlavní rozmnožování
Chytridio	Kokální coenocytická	Fragmentace stélky, spóry	oospóry
Mucoromycotina	coenocytická	sporangiospóry	Zygospora zygosporangium
Asco	Vyvinutá septa Jednojaderné úseky	Konidie Blastospóry chlamydospóry	Askospóry askokarp
Basidio	Vyvinutá septa dvoujaderné úseky	Konidie Blastospóry chlamydospóry	Tvorba plodnic  basidiokarp  basidiospóry

4. HYFA MNOHOBUNĚČNÁ S PŘEPÁŽKAMI (SEPTY) ROZDĚLENÁ NA JEDNOBUNĚČNÉ A DVOUJADERNÉ ÚSEKY

- **BASIDIOMYCOTA**



Coenocytická hyfa – hyfa bez sept
Chytridiomycota, Zygomycota



Zvídavá otázka:1.Vyhledejte a popište klasifikační systémy organismů se **zřetelným vyznačením pozice hub** od 19-21.století.

Použité zdroje informací:

<http://www.mycoweb.com>

<http://www.mycology.com>

<http://www.ucmp.berkeley.edu/fungi/fungisy.html>

<http://www.mycoweb.com/systematics.html>

<http://tolweb.org/Fungi>

<http://www.ilmyco.gen.chicago.il.us>

www.fungionline.org.uk

Jennings D.H. & Lysek G. (2000) Fungal biology: Understanding the fungal life style, Springer, pp.165

Alexopoulos C.J., Mims C.W., Blackwell (1996) Introductory Mycology pp 868

Webster J. and Weber W.S. (2007) Introduction to fungi pp 841
Cambridge University Press