

FUNGI

Houby v širším slova smyslu
včetně lišejníků

HEN

Houby (Fungi) – popis skupiny

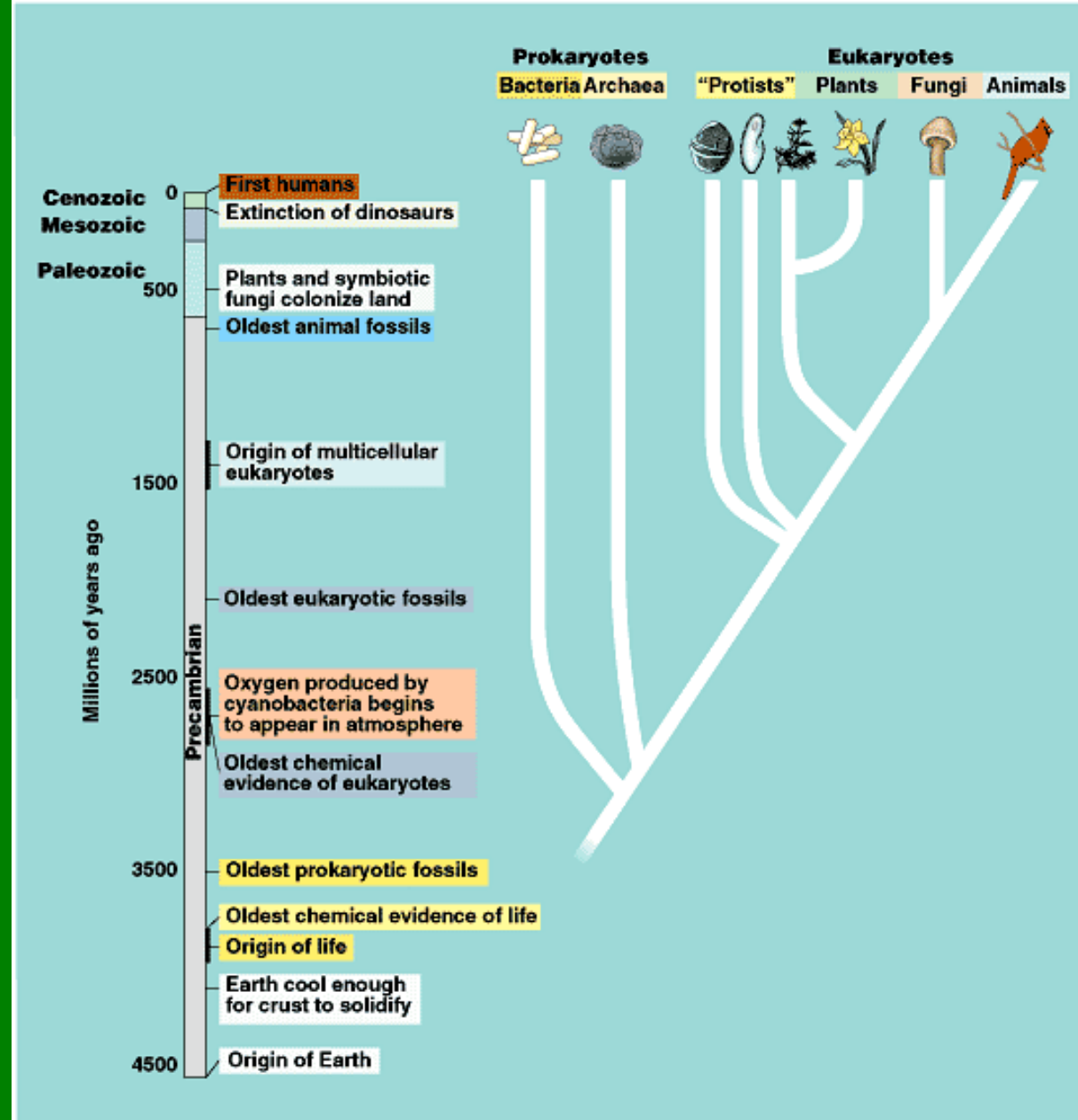
- **Eukaryota**, většinou mnohobuněční
 - kvasinky jsou ale jednobuněčné
- Živiny přijímají absorpcí. Všechny houby se živí **heterotrofně**.
- Absorpce je umožněna myceliem (=podhoubím) značné délky a povrchu, a rovněž tak schopností rychlého růstu
 - mycelium potravu obrostle a vylučuje hydrolytické enzymy, které potravu natráví na menší molekuly, které houba absorbuje
 - někdy tyto enzymy natráví stěnu rostlinných buněk a houba se živí obsahem těchto buněk

Houby (Fungi) – popis skupiny

- ekologicky jsou houby saprofyté, parazité nebo mutualisté
 - 80 % chorob rostlin je způsobeno houbami
- Fungi se rozmnožují sporami, které vznikají jak sexuální, tak i asexuální cestou
- Fungi a Animalia se vyvinuli pravděpodobně ze společného předka
- 100 000 druhů popsaných, odhaduje se až 1,5 miliónu druhů
- všechny suchozemské biotopy (habitaty)
- spory nalezeny 160 km nad zemí

Houby (Fungi)
jsou příbuznější
živočichům než
rostlinám

Fungi se vyvinuly z
vodních,
jednobuněčných,
bičíkatých protist



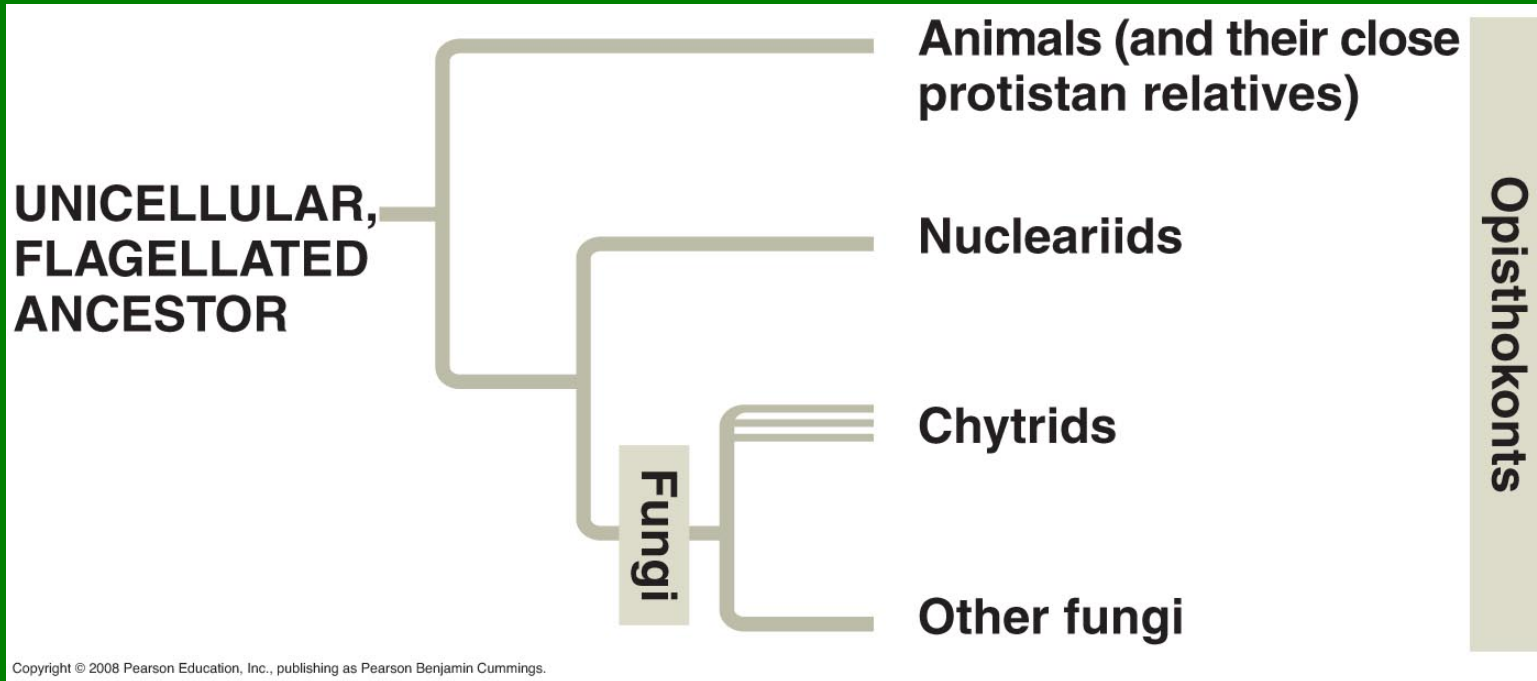
Evoluce hub

- Houby vznikly z vodních, jednobuněčných bičíkatých Protist
- společný předek s živočichy asi 1,5 miliardy let
- nejstarší zkamenělé Fungi 460 milionů let



tyto fosilní hyfy a spory pochází z ordoviku a jsou staré 460 milionů let

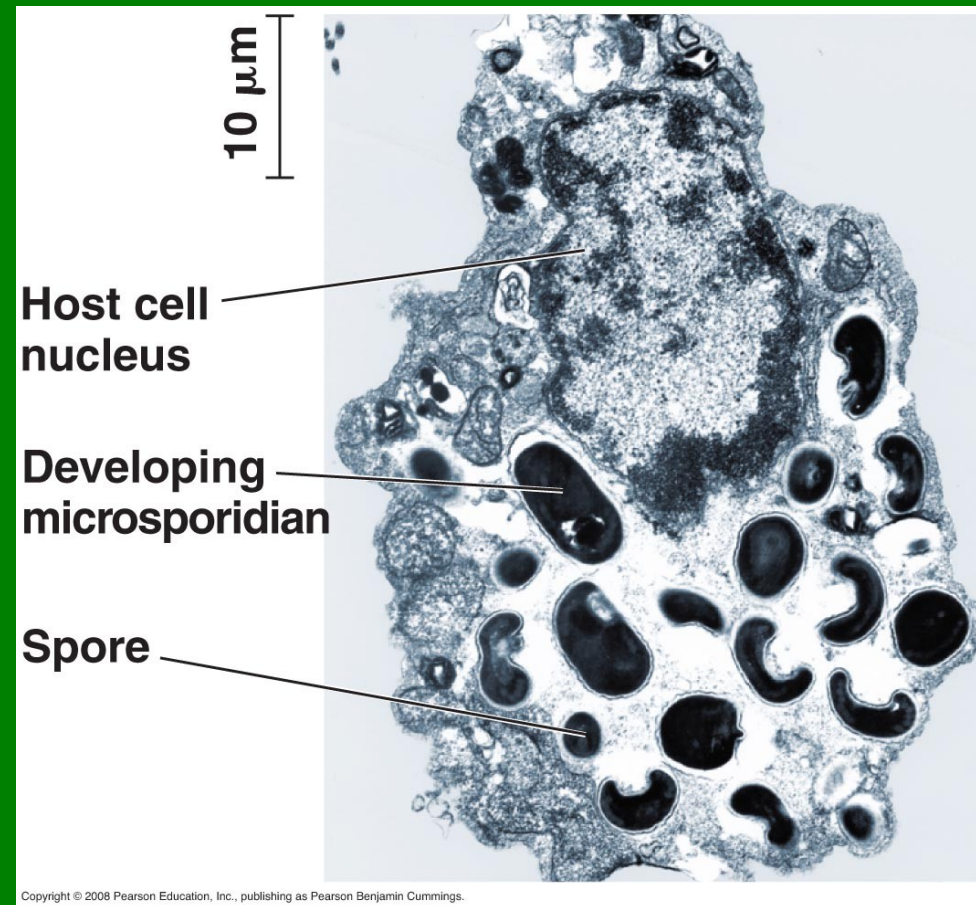
Evolvec hub



- živočichové, jedna skupina prvoků a houby tvoří klad
- společným znakem asi byl kdysi bičík
- mnohobuněčnost se vyvinula u Fungi a Animalia již nezávisle na sobě

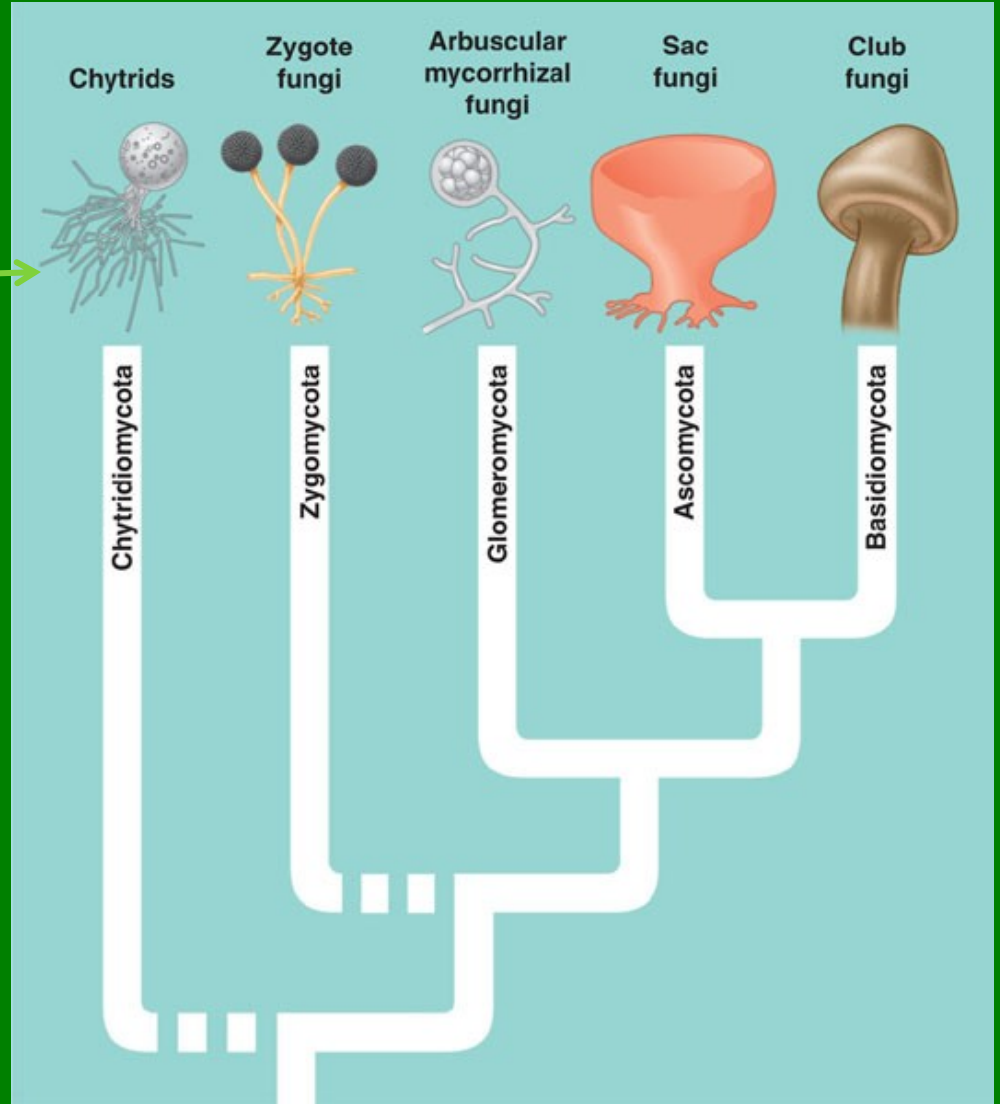
Problém se skupinou **Mikrosporidia**

- **Microsporidia** jsou jednobuněční parazité prvoků a živočichů
- ovšem **nemají** klasické **mitochondrie**
- ...ale dříve je asi měli
- analýza DNA prokázala, že jsou nejspíše ze všeho linie, která se dávno odštěpila od Fungi

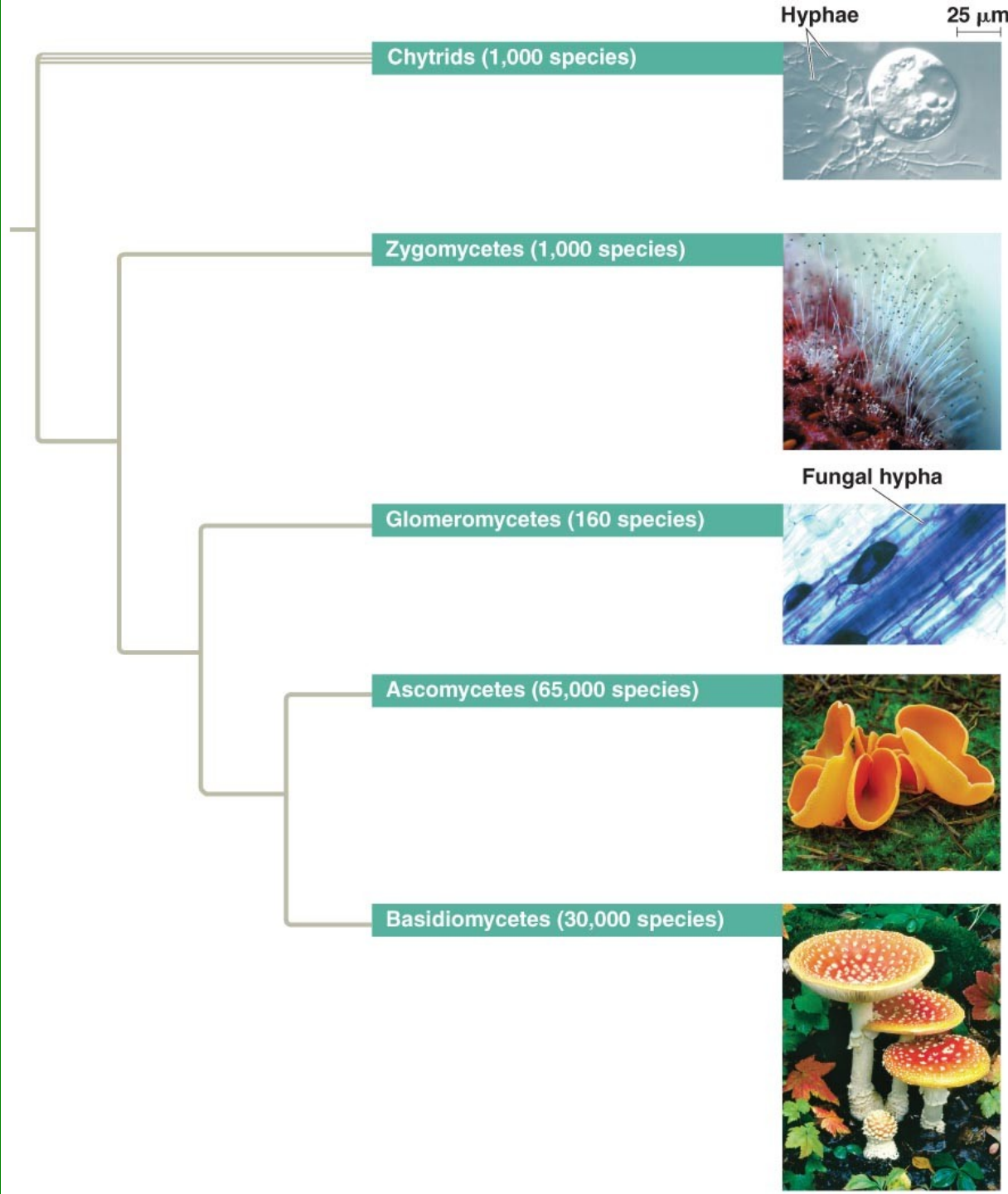


Evolve hub

Pouze chytridiomycota mají bičík

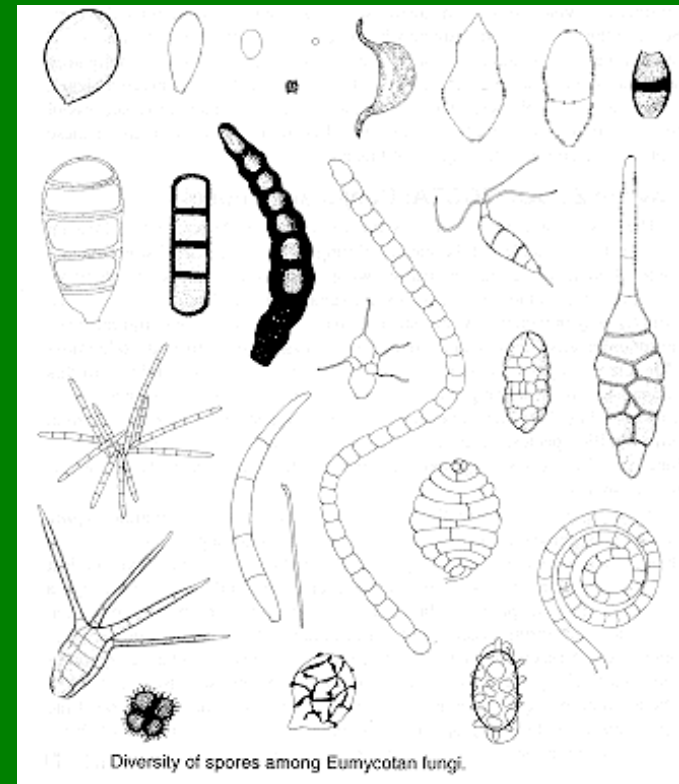


Současná klasifikace



Fungi – popis skupiny

- Známo asi 100 000 druhů; celkový počet se odhaduje na 1 500 000 druhů (!)
- Každý rok popsáno cca 800 nových druhů
- Za tento evoluční úspěch vděčí Fungi schopnosti tvořit spory (někdy může být v 1m³ vzduchu přes 10 000 spor. Dalším důvodem je rychle rostoucí mycelium



**Různé typy spor
(Eumycota)**

Houby (Fungi)

(užitečné termíny)

- Spora = mikroskopická částice schopná vyklíčit v dospělého jedince, aniž by musela splynout s nějakou jinou buňkou. U hub může být jednobuněčná nebo i vícebuněčná. Slouží k šíření houby na jiná stanoviště
- Hyfa = vláknitý útvar, vzniká vyklíčením spory
- Mycelium = kolektivní název pro hyfy. Součástí mycelia jsou i útvary kde vznikají spory
- Sporangium = specializovaný útvar ve kterém vznikají spory

Příjem živin

absorpce = z okolního prostředí jsou absorbovány malé organické molekuly. Houba vylučuje do zdroje potravy velmi účinné enzymy, zvané **exoenzymy**, které potravu rozkládají na menší molekuly, které je houba schopna absorbovat. Trávení je tedy **mimotělní**.

Typy výživy

- Saprofytické houby – absorbují živiny z mrtvých těl organismů, jako např. padlé kmeny stromů, mrtvá těla živočichů, trus živočichů atd.
- Parazitické houby – absorbují živiny z buněk žijícího hostitele. Některé např. napadají plíce člověka. 80% chorob rostlin je způsobeno houbami
- Mutualistické houby – rovněž absorbují živiny z buněk živého organismu, ale za to hostiteli prokazují službu; rostlinám například pomáhají absorbovat z půdy minerální látky.

Rozšíření

- Houby jsou mutualisticky spjaté s mnohými organismy. Ačkoli jsou nejhojnější na souši, mnohé žijí v mořích či sladkých vodách, kde je jejich život spjat s vodními organismy či jejich pozůstatky
- **Lišejníky** (=symbiotické spojení houby a řasy), je možno najít v chladných a suchých pláních Antarktidy nebo v alpinské a arktické tundře
- Mutualistické houby je možno najít i ve tkáních rostlin
- Houby, které jsou schopny rozkládat celulózu jsou přítomny v žaludcích mravenců a termitů

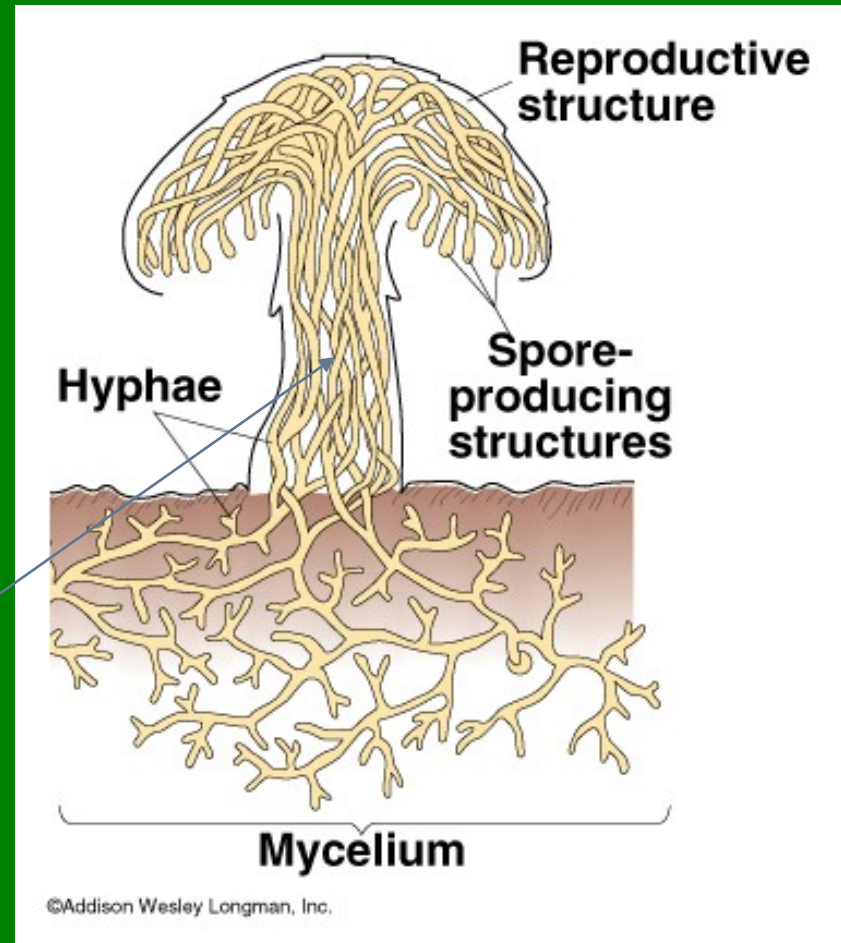
Dvě adaptace umožňují houbám absorpci:

- velký povrch mycelia
- schopnost rychlého růstu

Vegetativní část houby (mycelium) porůstá potravní zdroj.

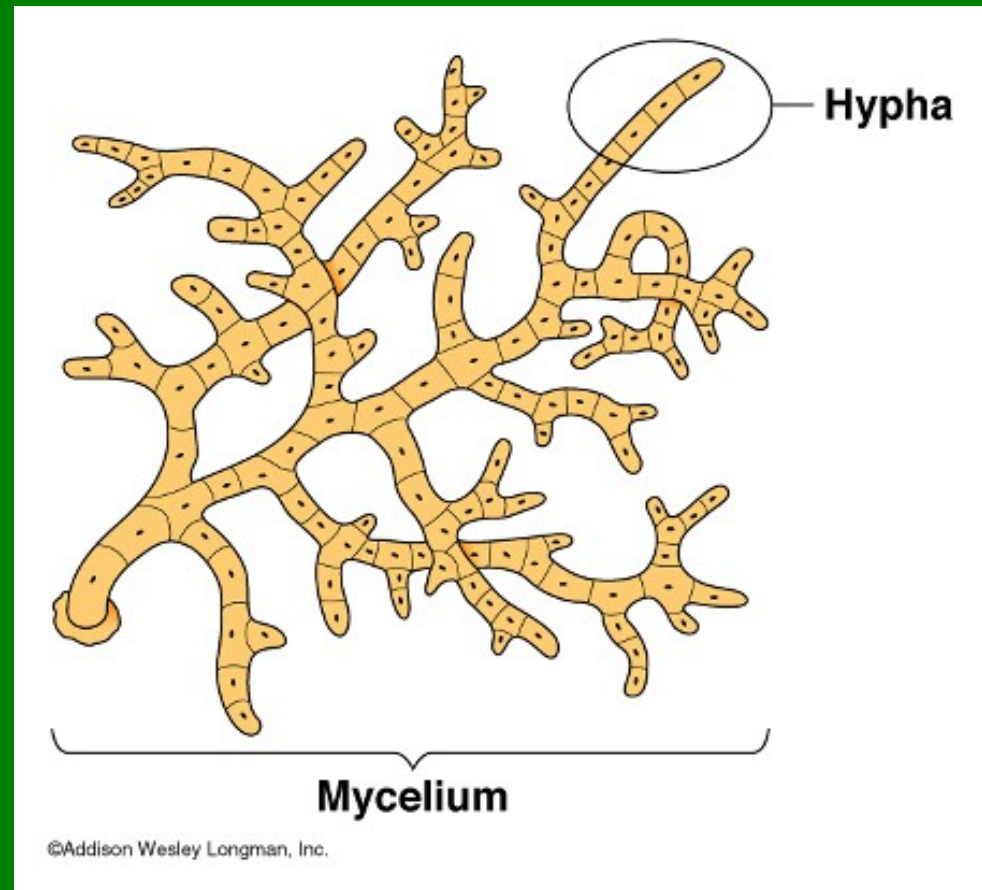
Krom jednobuněčných kvasinek, tělo houby sestává z vláken zvaných hyfy.

**Plektenchym
(nepravé pletivo)**

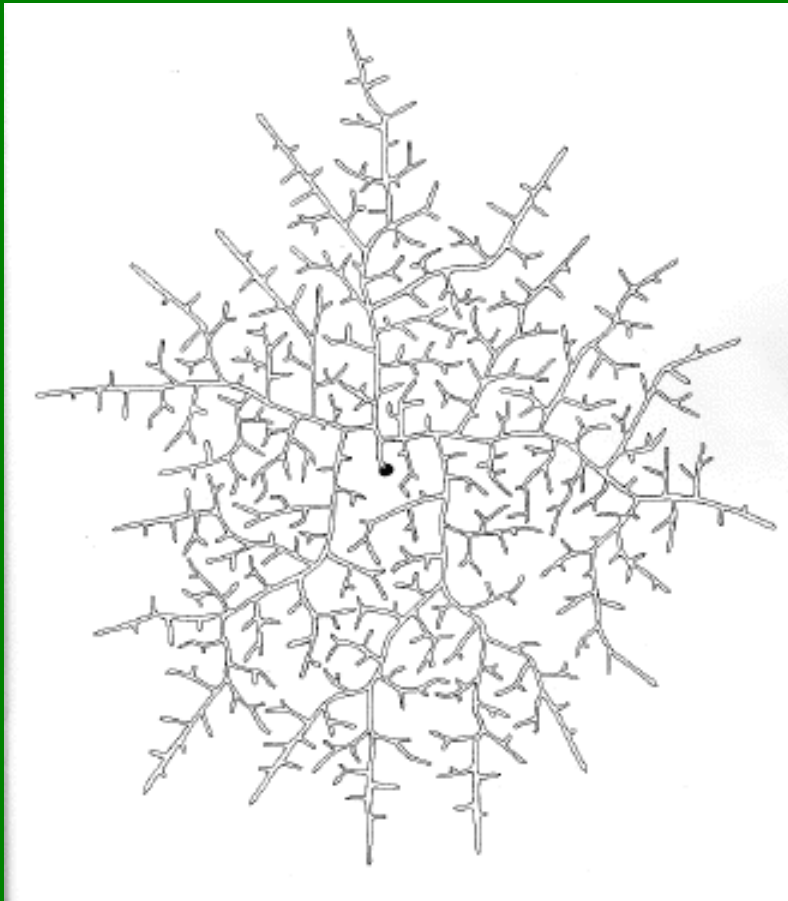


Mycelium

Hyfy jsou jemná vlákna buněk s buněčnou stěnou. Cytoplasma obsahuje obvyklé organely. Hyfy tvoří propletenou síť vláken zvanou mycelium.



Mycelium

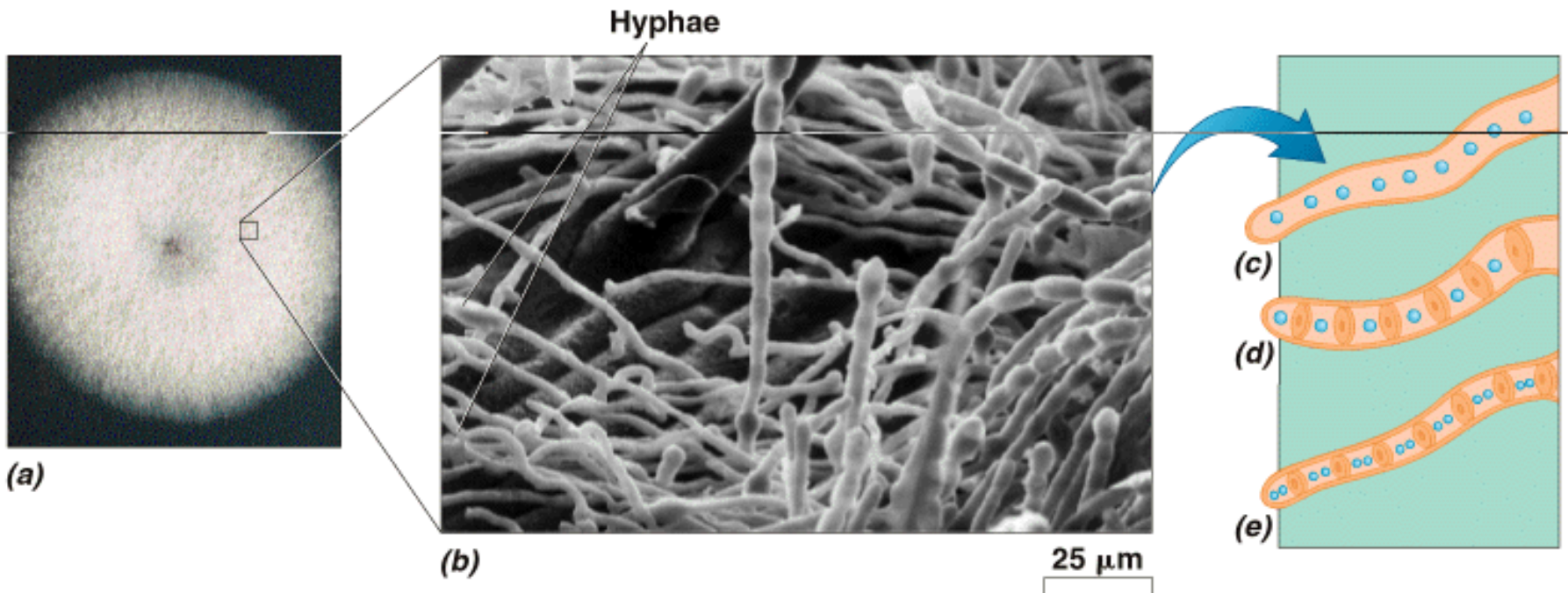


- Některé houby jsou schopny růst i při -5°C ; jiné až do 60°C
- 1 cm^3 bohaté půdy obsahuje 1 km hyf a má povrch okolo 300 cm^2

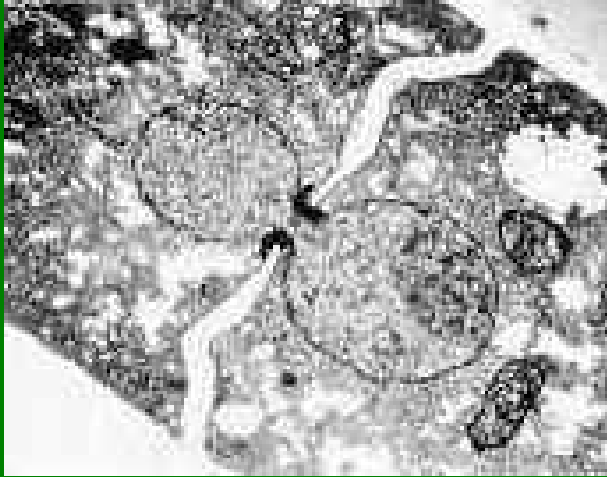
Velmi mladá houba vyrostlá z jediné spory (černá tečka vprostřed obrázku)

Septa

Stěna mezi jednotlivými buňkami hyf se nazývá septum. Septa v sobě obsahují velké póry, kterými mohou procházet ribozómy, mitochondrie a dokonce i buněčná jádra.



Septa



Neurospora crassa
(Ascomycota)
Na fotografii je vidět jádro, které právě proniká septem z jedné buňky do druhé. Tento jev není v přírodě příliš častý.



Pohled na septum z vnitřku buňky.
Kdybychom se plazili buňkou hyfového vlákna, takto by vypadalo septum s jasně viditelným otvorem.

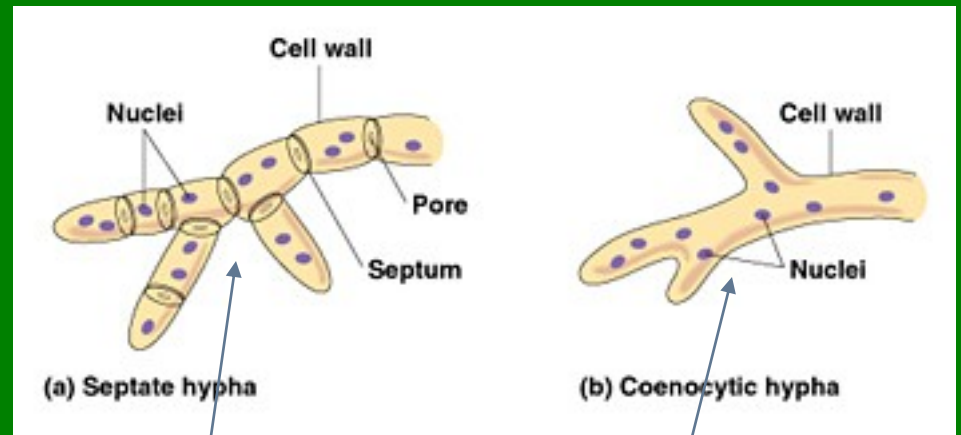


Ascomycota a Basidiomycota mají velmi tenké hyfy se septy (nahore). Dole hyfy ve srovnání s lidským vlasem

Coenocytické houby

= houby, které nemají septa

Hyfy se sestávají ze stovek či tisíců jader obklopených cytoplazmou. Aseptické houby vznikají opakovanými mitózami, po kterých nenásleduje cytokineze.



Hyfa se septy

Coenocytická hyfa

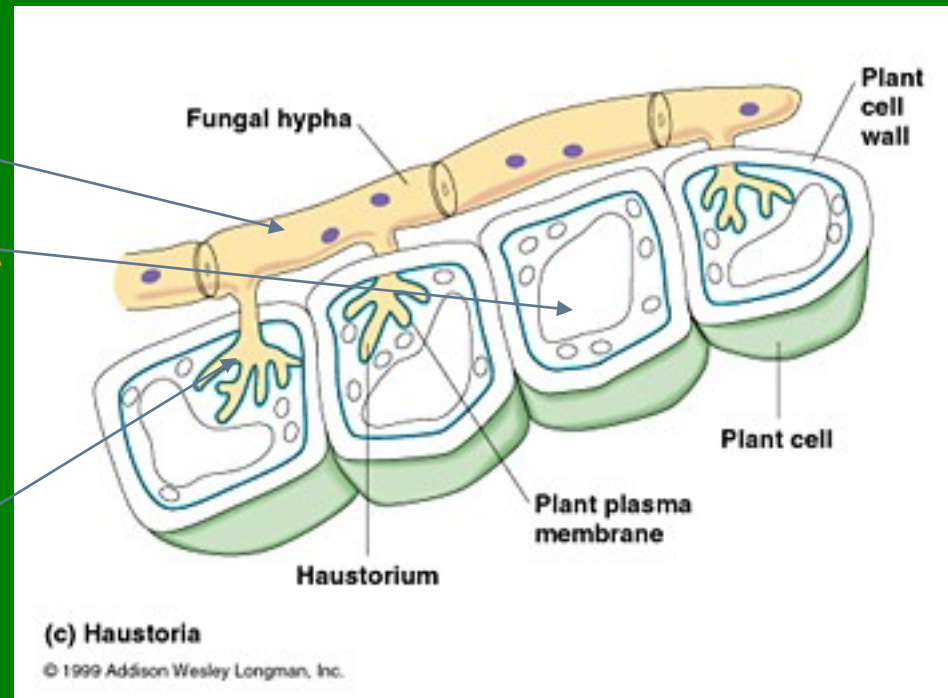
Haustoria

= jsou přeměněné hyfy, pronikající do tkání hostitele, odkud získávají živiny

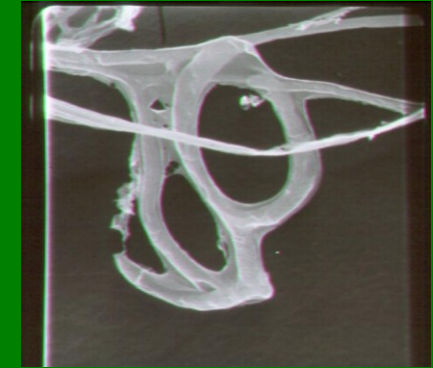
Hyfa

Rostlinná buňka

Haustorium



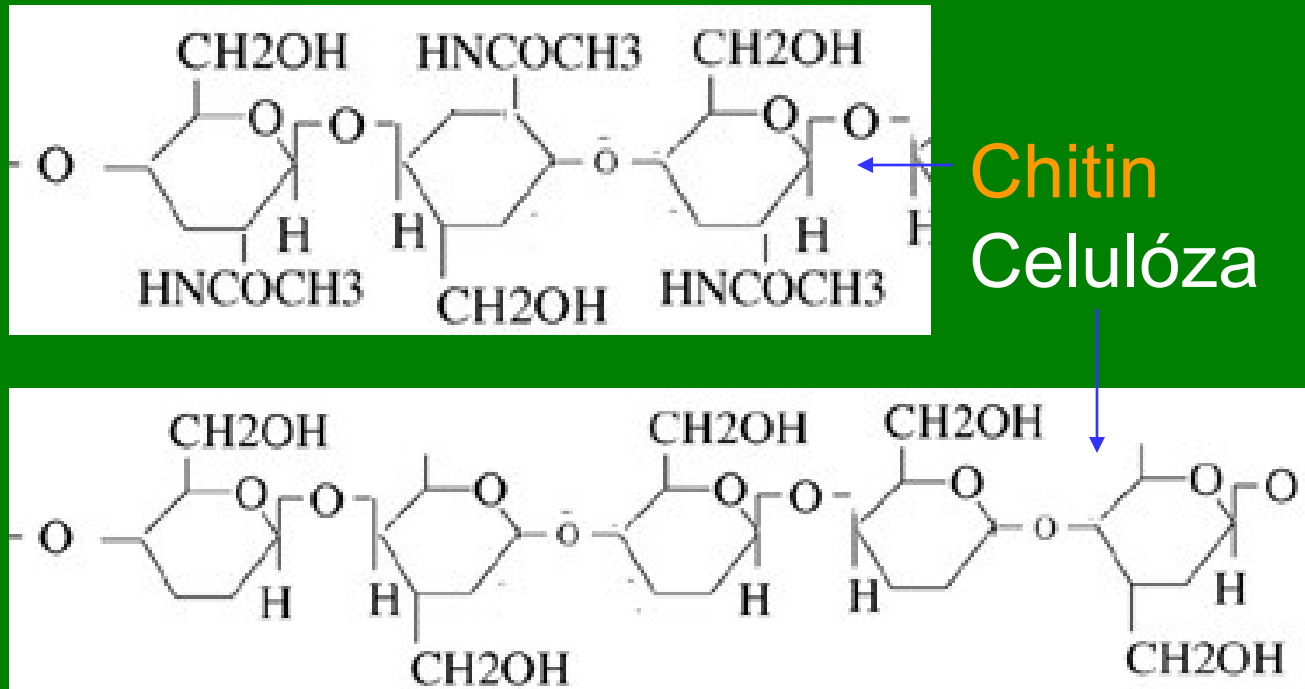
Hyfy adaptované k lovu kořisti



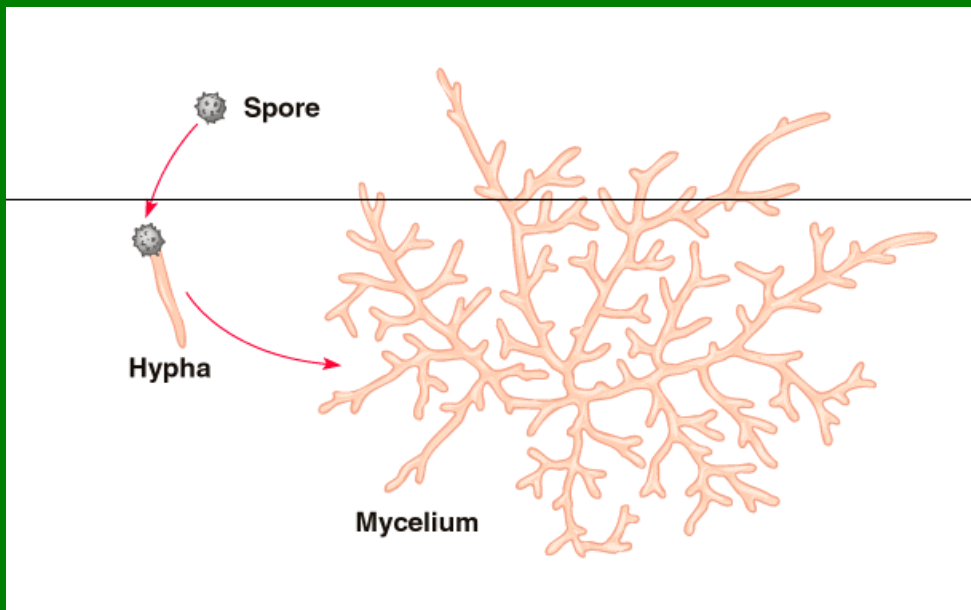
Houba *Arthrobotrys anchonia* s uloveným háďátkem.
Houba později pronikne háďátko svými hyfy a začne
trávit jeho tkáně

Buněčná stěna

Buněčná stěna většiny hub je tvořena **chitinem** (jako u vnějšího skeletu hmyzu) (nikoli celulózou jako u rostlin a oomycot)



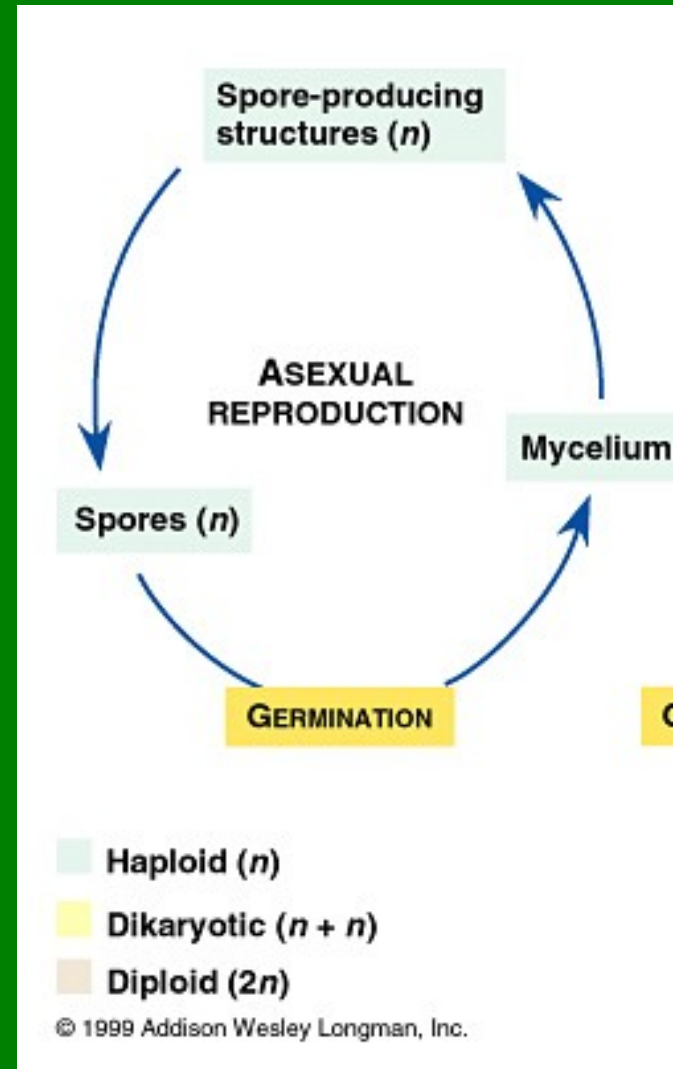
Mycelium



- Mycelium se může v potravním zdroji prodloužit až o kilometr za den. Tento rychlý růst je umožněn prouděním cytoplazmy, které transportuje proteiny a všechny důležité látky do konečků hyf
- Houby jsou nepohyblivé organismy, avšak díky rychlému růstu jsou schopny prorůstat do nových oblastí

Houby se rozmnožují sporami, které vznikají sexuálně nebo asexuálně

- Spory jsou obvykle jednobuněčné, jen zřídka mnohobuněčné; vytváří se ze specializovaných hyf (nebo uvnitř nich)
- Za příznivých podmínek je houba schopna vytvořit obrovské množství asexuálních spor
- Díky sporám jsou houby všeobecně rozšířeny; spory byly nalezeny i 160 km nad zemí
- Spory jsou u většiny druhů haploidní (n)



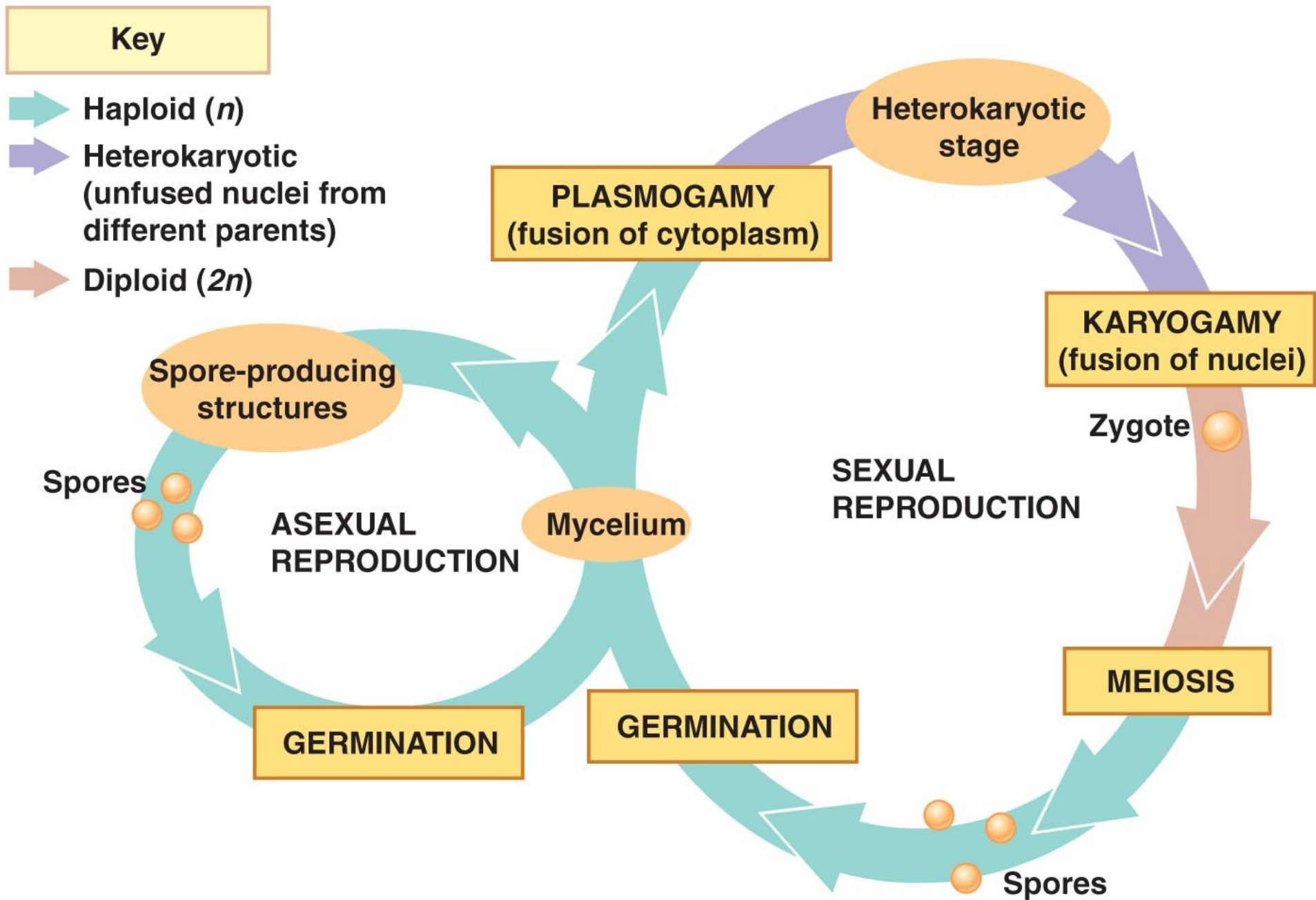
Sexuální rozmnožování

V životním cyklu hub se střídají tři stadia: haploidní, diploidní a dikaryontní

- Pro většinu hub je sex příležitostným způsobem rozmnožování, obvykle při změně okolních podmínek
- Syngamie = sexuální spojení dvou buněk dvou individuí; má dvě časově oddělené fáze:
 1. Plasmogamie = splynutí cytoplazmy obou buněk
Dikaryon = jev, kdy se po plasmogamii dvě jádra (vždy haploidní) nachází v cytoplazmě odděleně od sebe. Tyto dvě jádra mohou v tandemu koexistovat a dělit se hodiny, měsíce či staletí
 2. Karyogamie = splynutí jader. Vzniká diploidní buňka, a téměř ihned následuje meióza

Sexuální rozmnožování

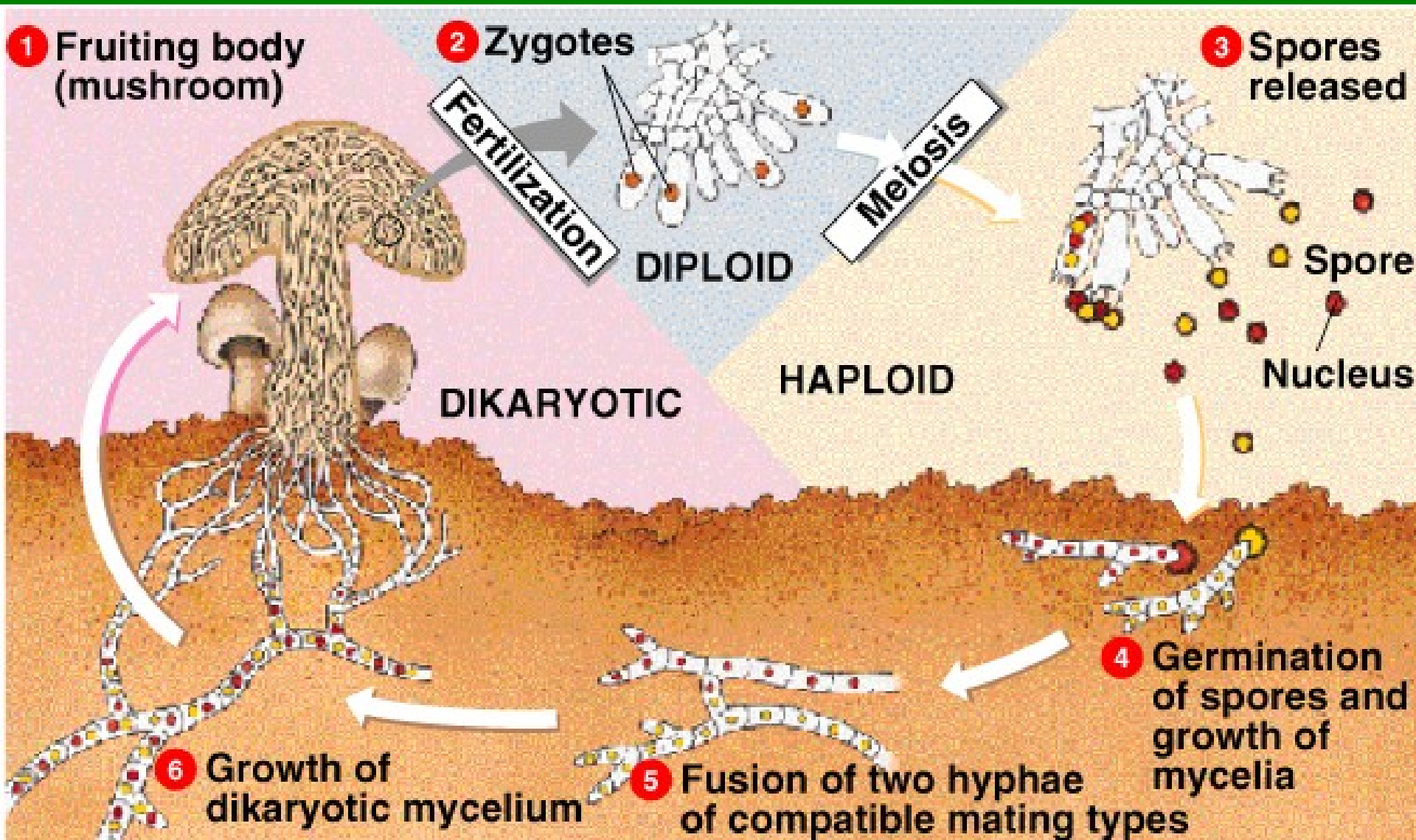
- hyfy dvou mycelií vylučují látky zvané feromony
- pokud jsou hyfy správných párovacích typů, feromony naleznou receptory na povrchu buňky opačného vlákna
- obě hyfy pak rostou směrem k sobě
- hyfy pak splývají v procesu zvaném **plasmogamie**



Plasmogamie

- = splynutí cytoplasmy dvou mycelií
- po plasmogamii nastává heterokaryontní stadium
 - obě jádra se nacházejí v cytoplasmě nezávisle na sobě
 - někdy si mohou vyměnit geny či části chromosomů procesem připomínajícím crossing-over, jindy nikoli

Rodozměna u hub (Fungi)



Mykorrhiza = symbióza s kořeny rostlin

Bez mykorrhizy



S mykorrhizou



Endomykorrhiza = hyfy pronikají do buněk rostliny. Známá u 80% cévnatých rostlin; především Zygomycota

Ektomykorrhiza = hyfy pouze obalují kořínky, ale nepronikají dovnitř buněk. Především basidiomycota, někdy i Ascomycota (lanýž)

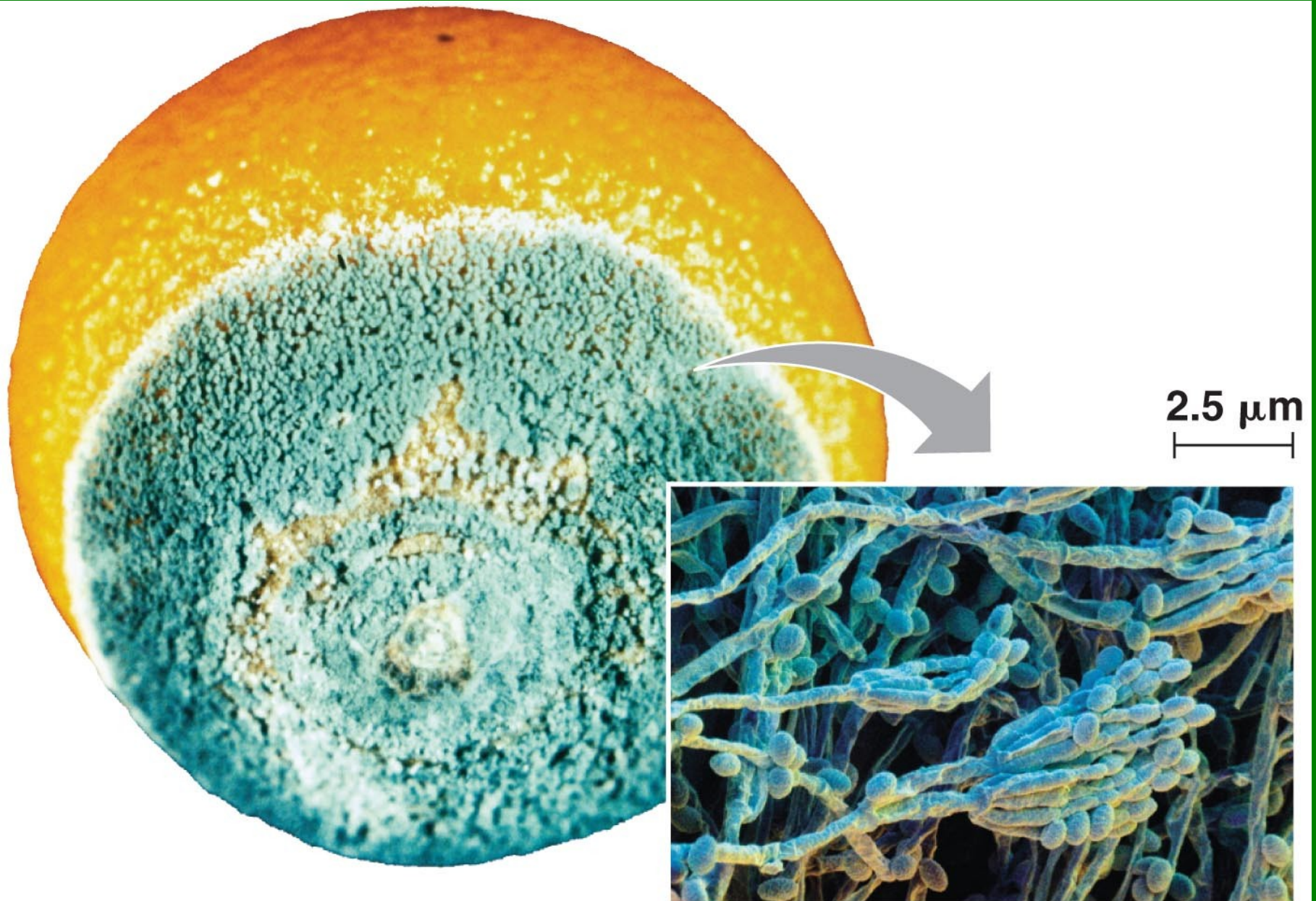
Asexuální rozmnožování

- je známo asi 20 000 druhů hub, které se rozmnožují toliko asexuálně

=(Fungi imperfecti)

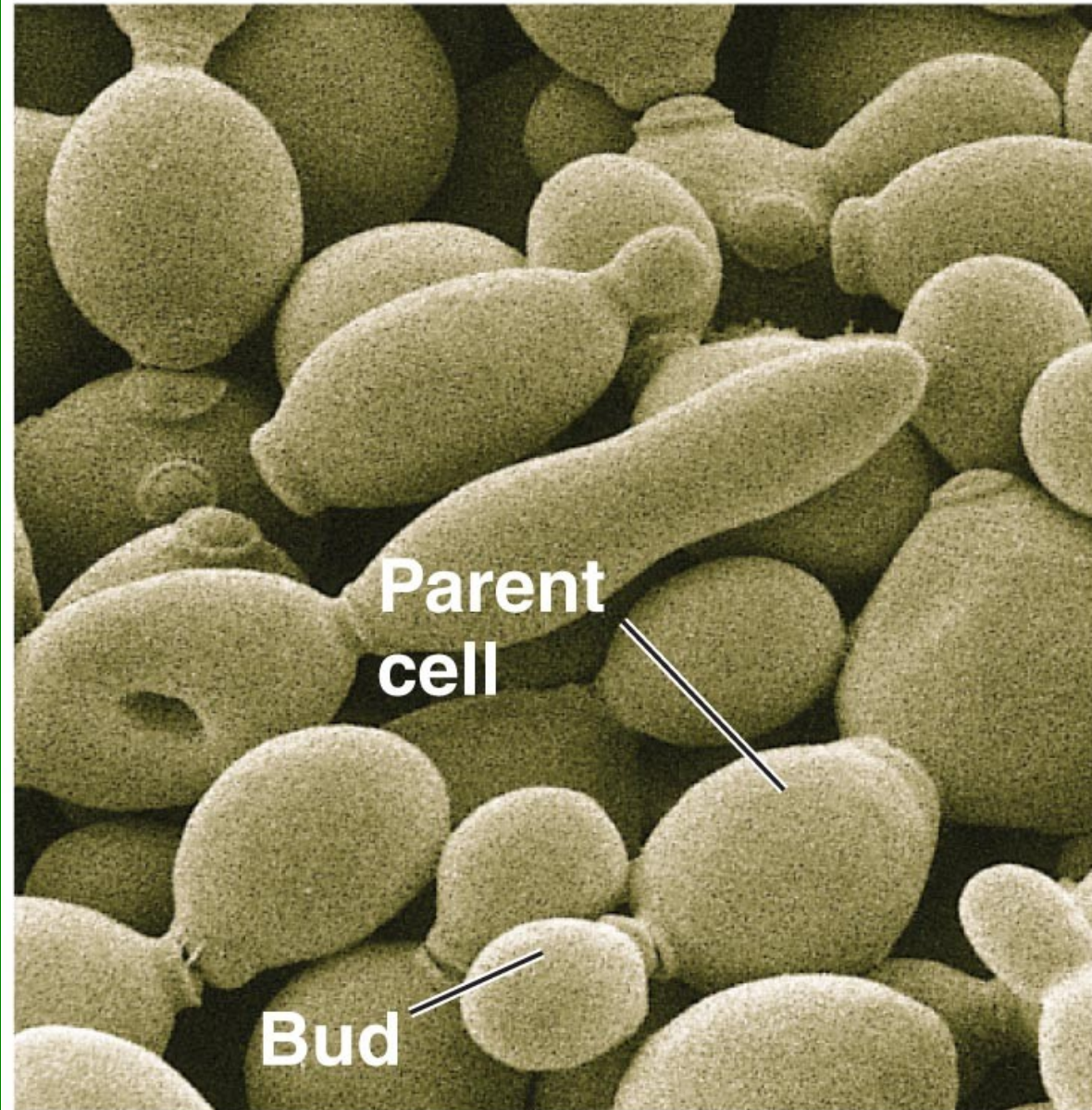
- mnohé houby se asexuálně rozmnožují tak, že vytváří **filamentózní hyfy**, které mitózou produkují haploidní spory

Asexuální rozmnožování

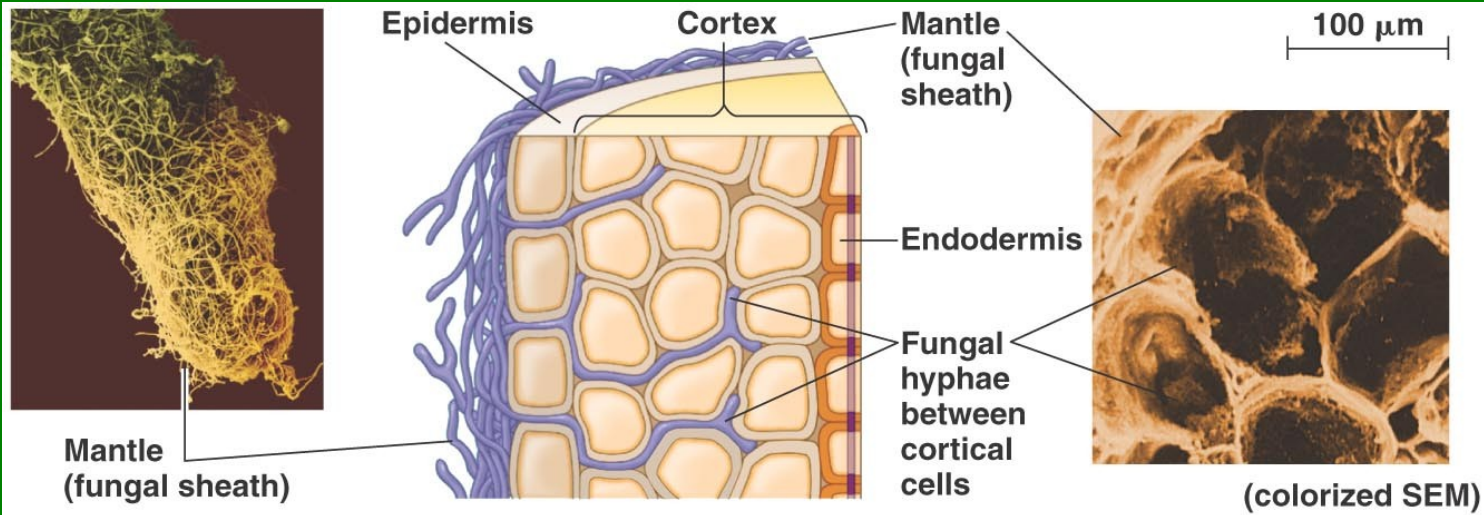


10 μm

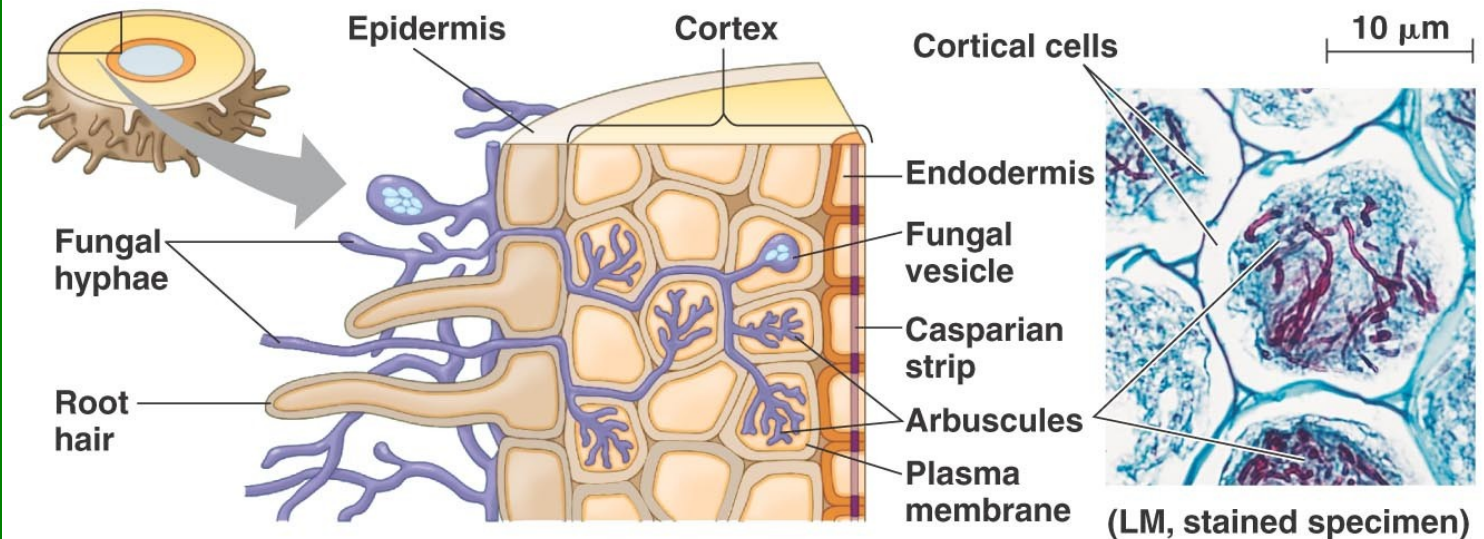
Jiný typ asexuálního
rozmnožování:
pučení u
jednobuněčných
kvasinek



Ektomykorrhiza a Arbuskulární mykorrhiza

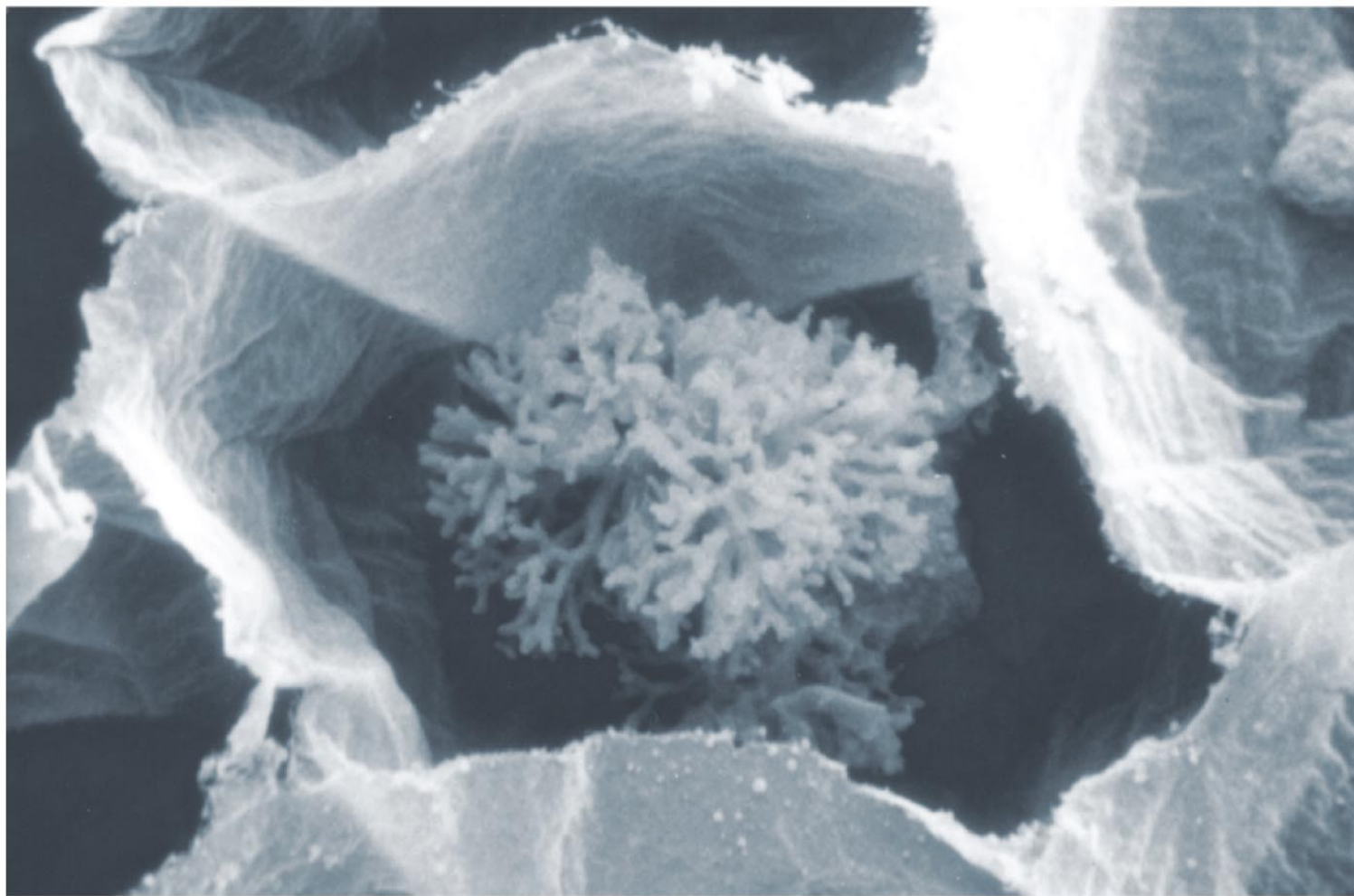


(a) Ectomycorrhizae



(b) Arbuscular mycorrhizae (endomycorrhizae)

Arbuskulární mykorrhiza



2.5 μm

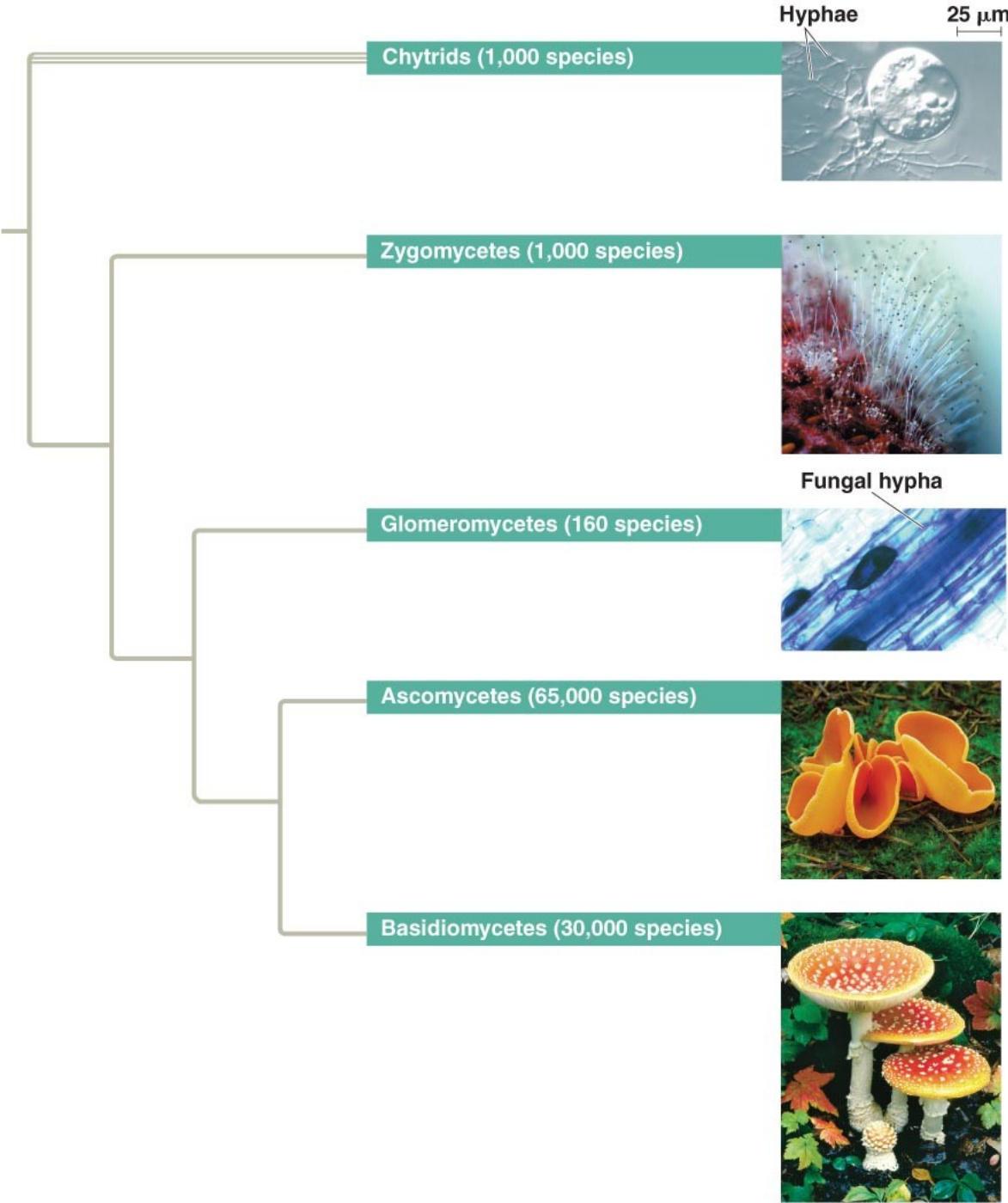
System hub

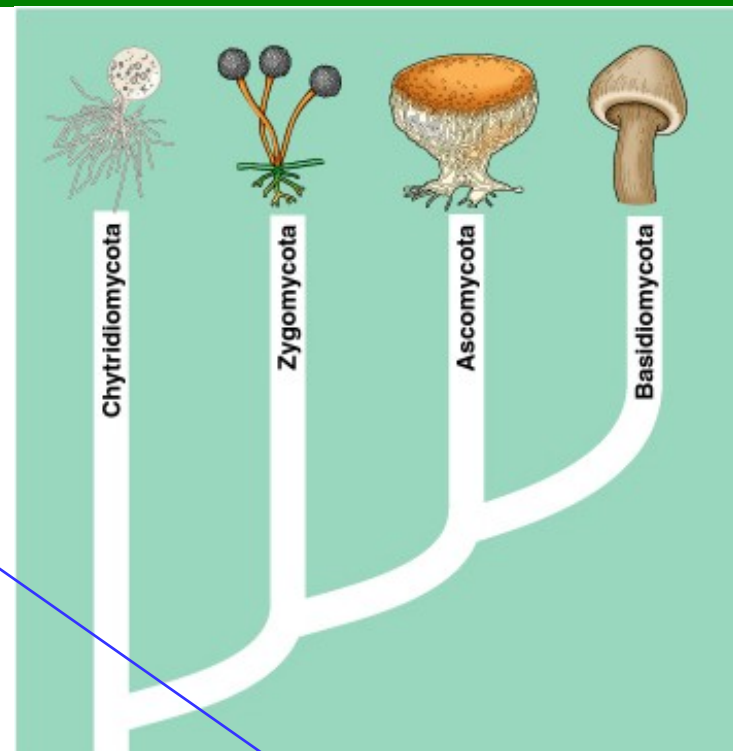
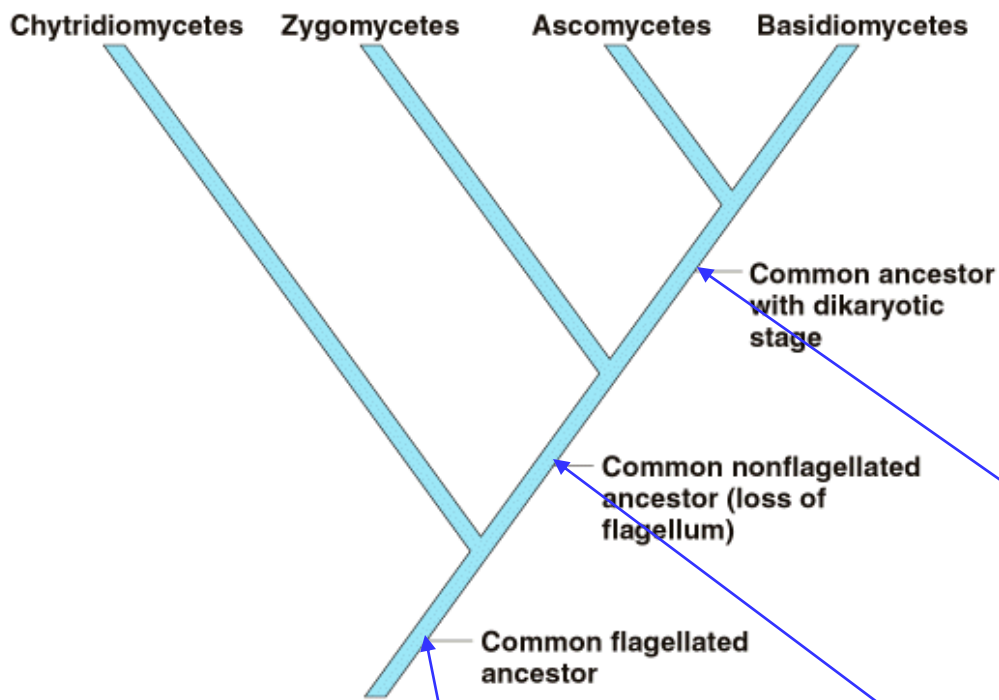
(jedno z možných dělení)

asi 100 000 druhů, možná až 1,5 milionů

- Oddělení Hlenky (Myxomycota)
- Oddělení Nádorovkovité (Plasmodiophoromycota)
- Oddělení Oomycety (Oomycota)
(první tři oddělení řadí mnozí mezi Protista)
- Oddělení Chytridiomycety (Chytridiomycota)
- Oddělení Houby vlastní (Eumycota)
 - Třída Houby mukorovité (Zygomycetes)
 - Třída Houby vřeckovýtrusé (Ascomycetes)
 - Třída Houby stopkovýtrusé (Basidiomycetes)

Současné dělení hub





Společný předek
S bičkem

Ztráta bičku

Dikaryontní
stadium

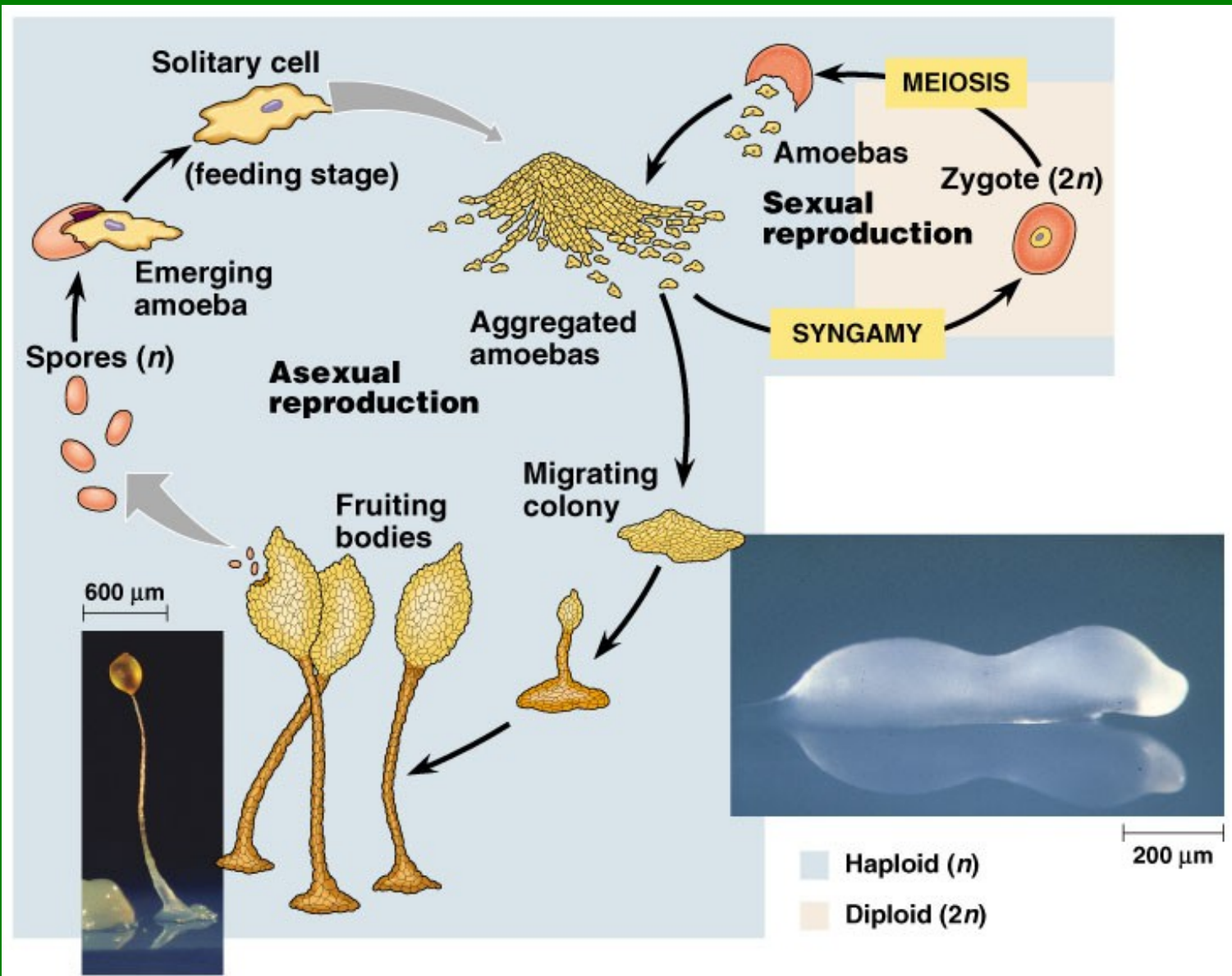
Hlenky (Myxomycota)

- Mycelium chybí
- Jednobuněčné améby se živí pohlcováním bakterií, prvoků, organických zbytků atd.
- Někdy se améby mohou shlukovat v rosolovité plasmodium
- Velmi málo prozkoumaná skupina



Mucilago crustacea

Myxomycota (Hlenky)



Oomycety (Oomycota)

- V buněčných stěnách **celulóza**
- Vodní, půdní a parazitické organismy
- Hnilobytky (Saprolegnia)
 - Vřetenatka révová (*Plasmopara viticola*) způsobuje perenosporu vinné révy

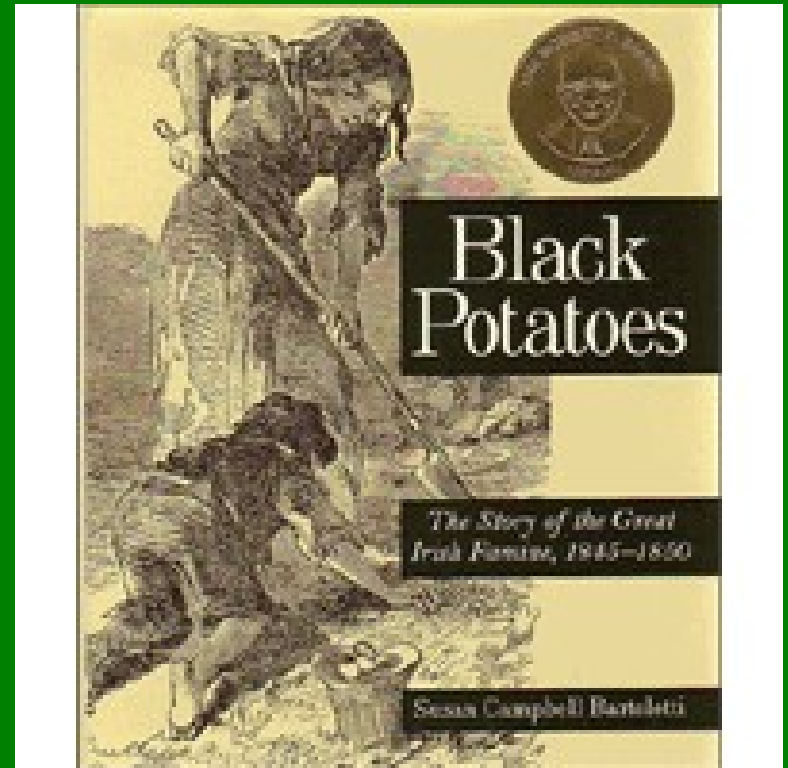
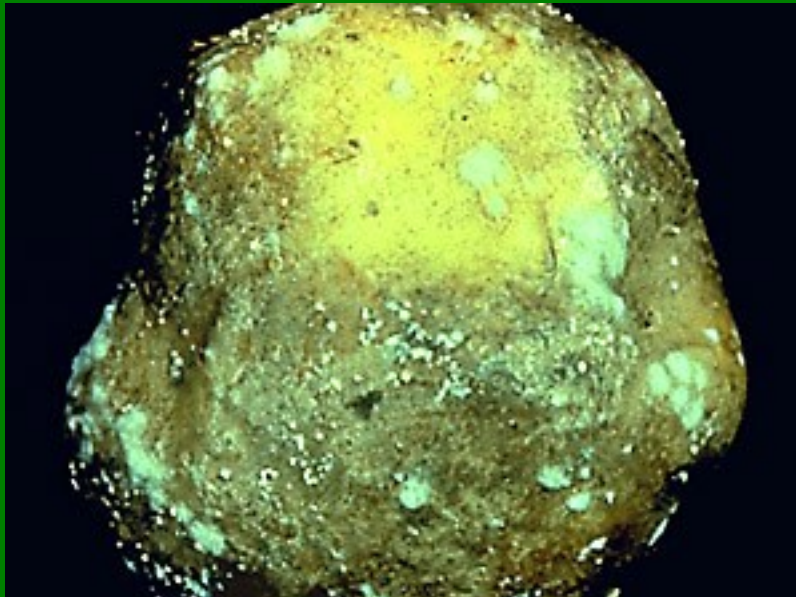


Na rubu listů vinné révy vyrůstají skrze průduchy **sporangiofory** (=nosiče výtrusnic). Výtrusnice se snadno ulamují a jsou roznášeny větrem nebo dešťovou vodou.



Oomycety

irský hladomor 1846

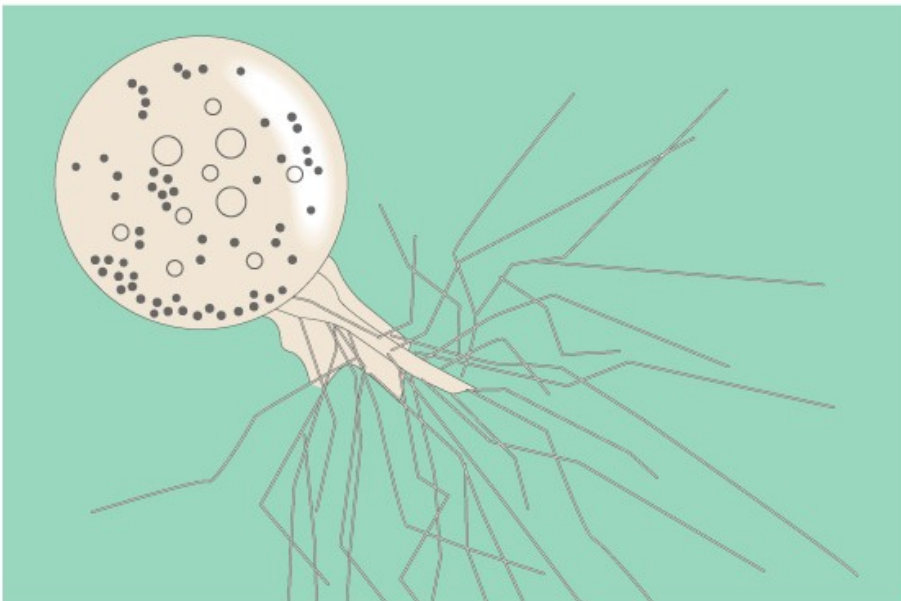


Plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*), způsobila exodus více než 1,5 miliónu Irů do USA

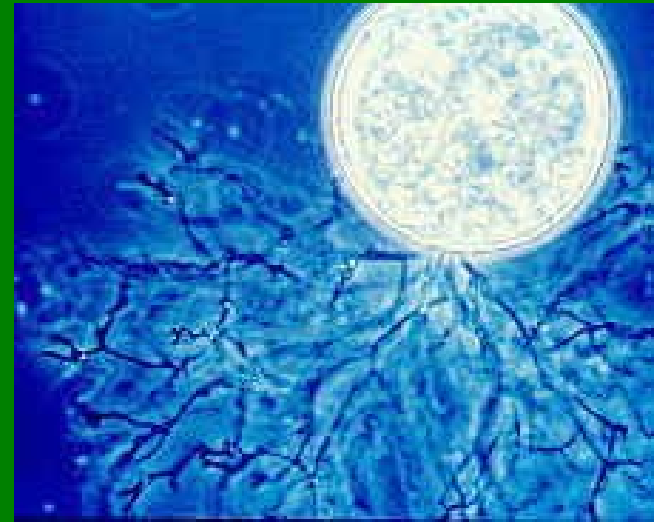
Chytridiomycota

- možná se vyvinuly z bičíkatých protist, kam jsou občas řazeny
- dnes se zdá že patří mezi *Fungi*
- trubicovitá stélka

Např. *Synchytrium endobioticum*, původce rakoviny brambor



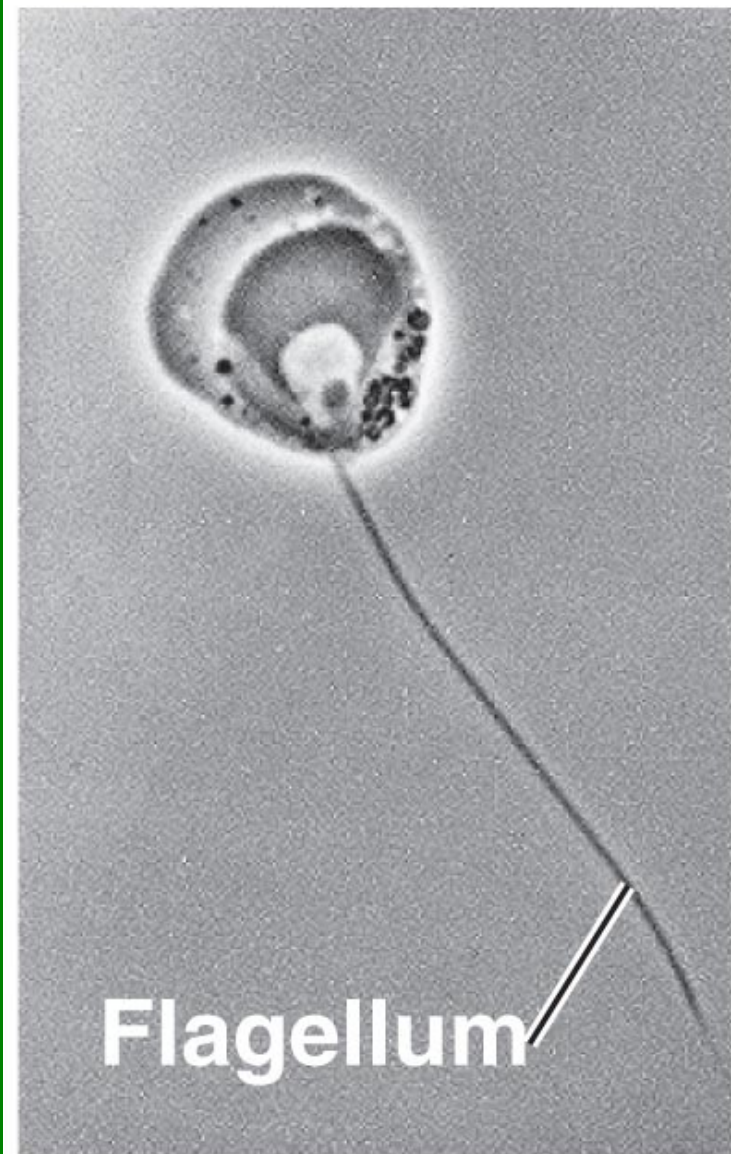
©Addison Wesley Longman, Inc.



Rod *Rhizopydium*

Chytridiomycota

bičíkatá spora Chytridiomycot.
Tato **bičíkatá spora** je
nazývána **zoospora**



4 μm

Chytridiomycota

- hojné v půdě a sladkých vodách
- saprofyti nebo paraziti prvoků, rostlin či živočichů
- jednobuněčné i mnohobuněčné
- jako jediní z hub mají bičík

Chytridiomycota



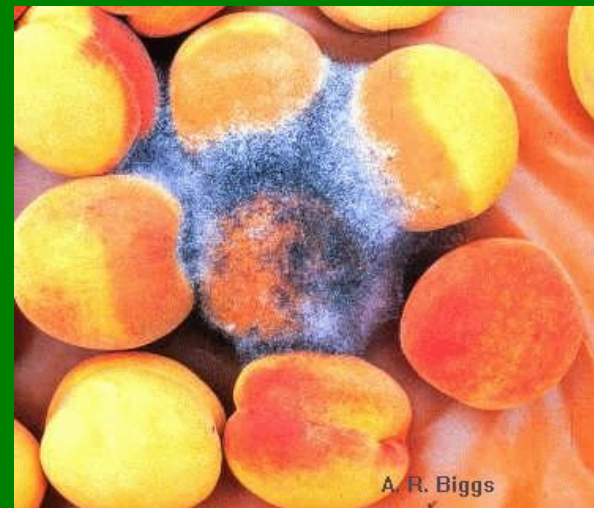
Bičíkatá zoospora
rodu *Allomyces*



Rod *Chytridium*. Ze
sporangia se právě
uvolňuje bičíkatí zoospora

Zygomycota (spájivé plísně)

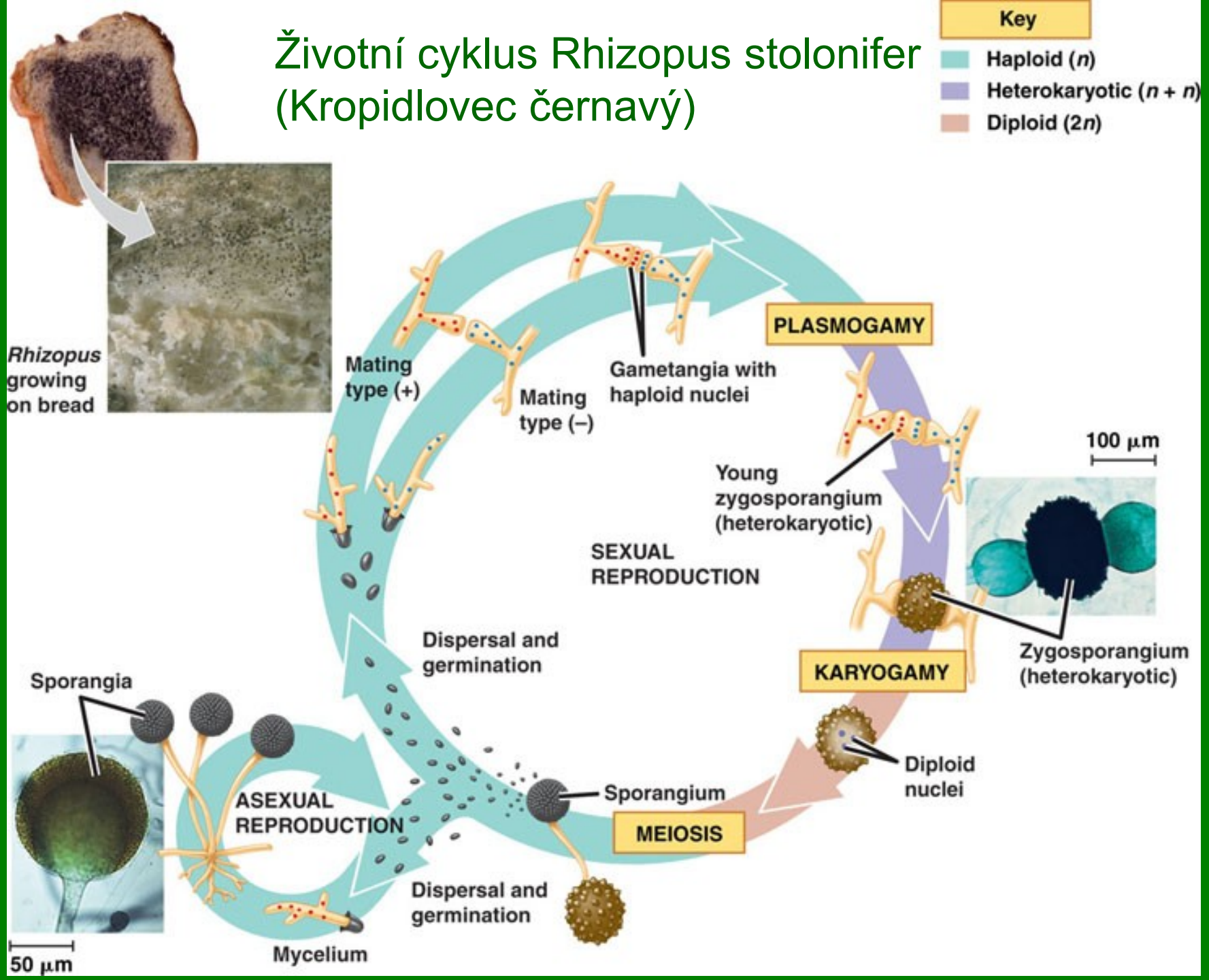
- popsáno asi 1 000 druhů
- většinou suchozemské, rostou v půdě nebo na tlejících organismech
- hyfy jsou coenocytické, s výjimkou reprodukčních buněk



rod *Rhizopus*

A. R. Biggs

Životní cyklus *Rhizopus stolonifer* (Kropidlovec černavý)



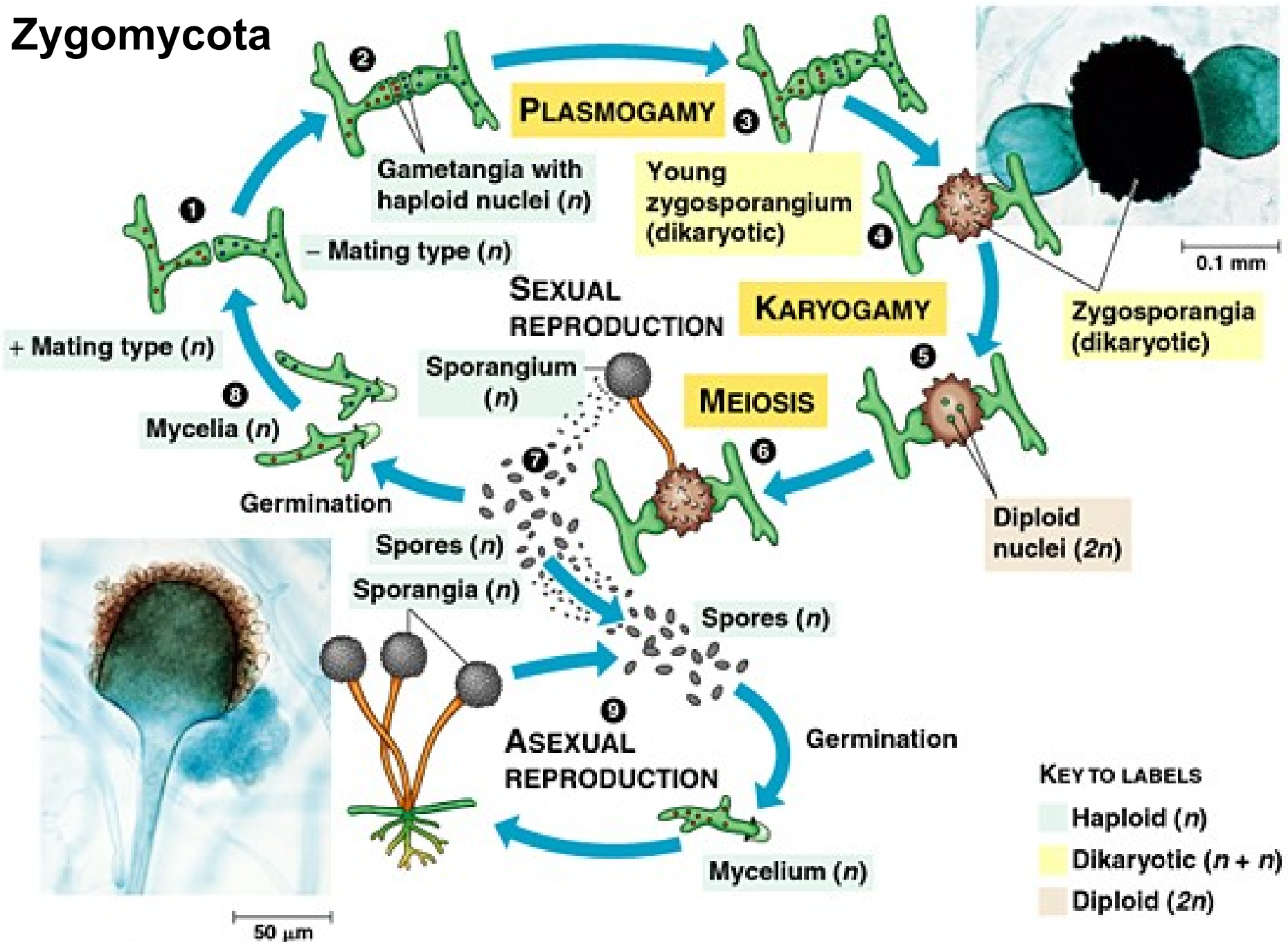
Zygomycota

rod Pilobolus



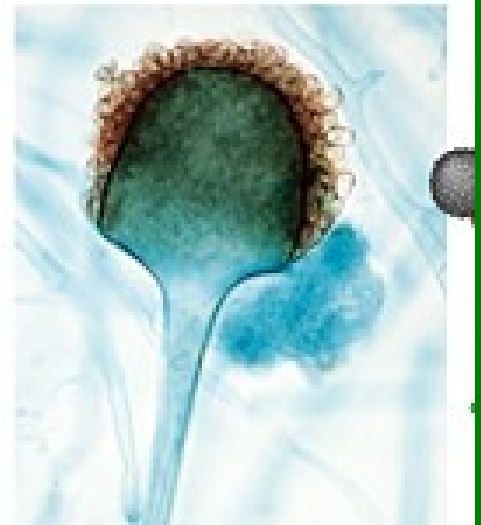
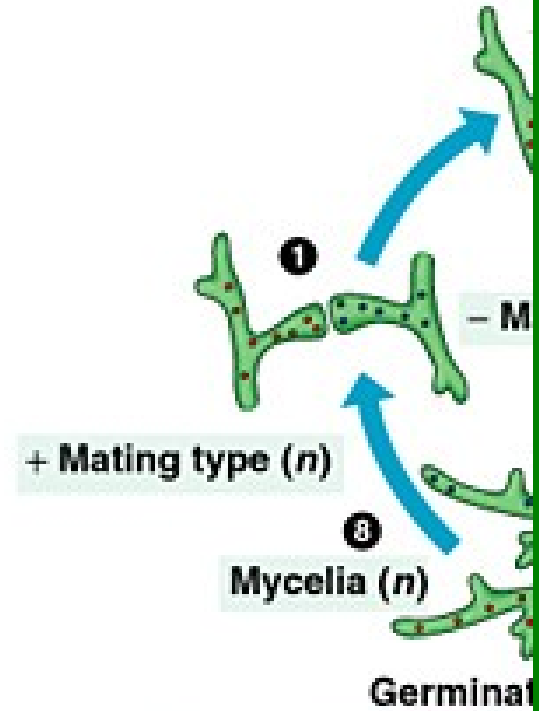
Ve sporangiích jsou řádově stovky spor.
Pilobolus umí vystřelit své spory až na 2 m
a „namířit“ směr střelby na předpokládaný zdroj živin!

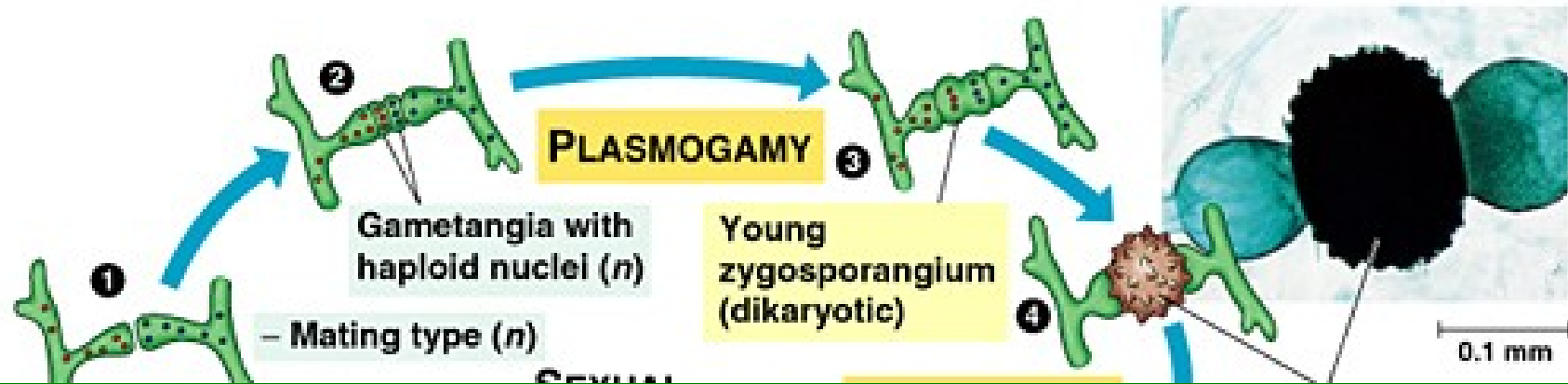
Zygomycota



Zygomycota

1. Sousední mycelia opačných párovacích typů (+ a -)
2. tvoří hyfální výběžky zvané **gametangia**. Každé obsahuje několik haploidních jader oddělených septem





3. Mezi gametangiemi nastává plasmogamie (=splynutí cytoplazmy) a vzniká **dikaryotické zygosporangium**

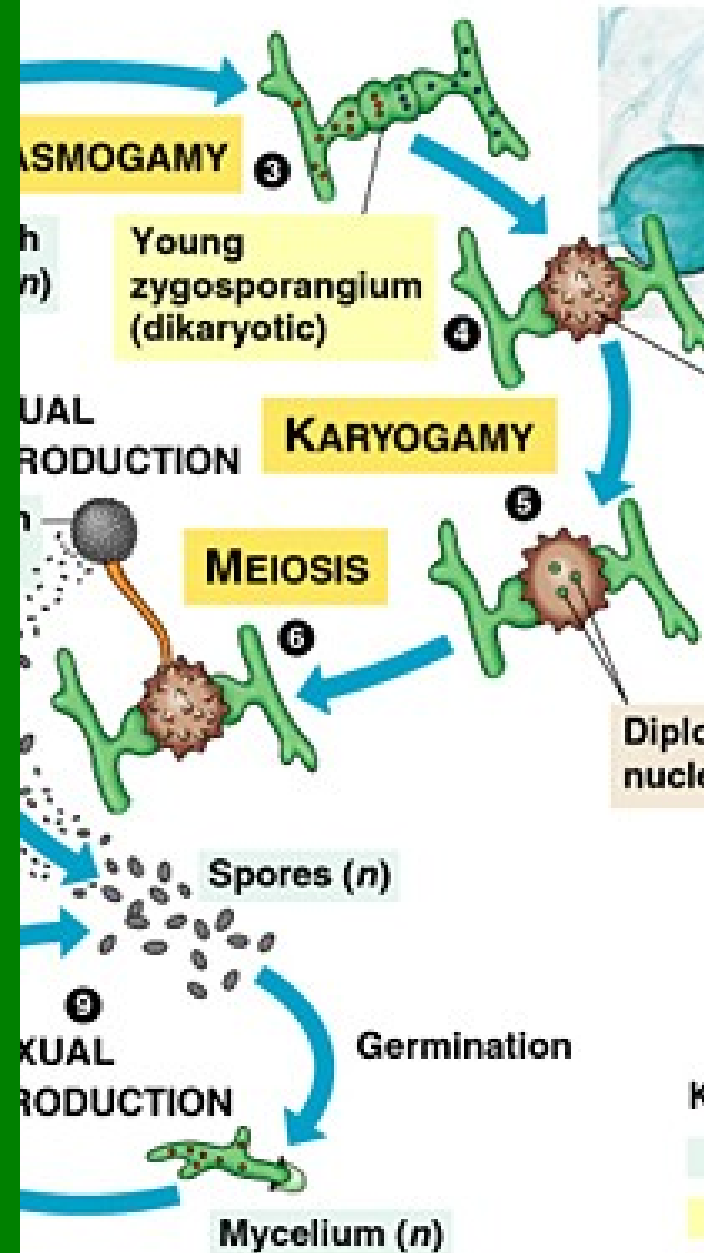
4. U tohoto zygosporangia vzniká **pevná a drsná buněčná stěna**, schopná po měsíce vzdorovat vyschnutí a jiným nepříznivým podmínkám

Zygomycota

5. Když jsou podmínky opět příznivé, nastává **karyogamie** a protilehlá jádra splývají.

Bezprostředně po karyogamii následuje **meióza**

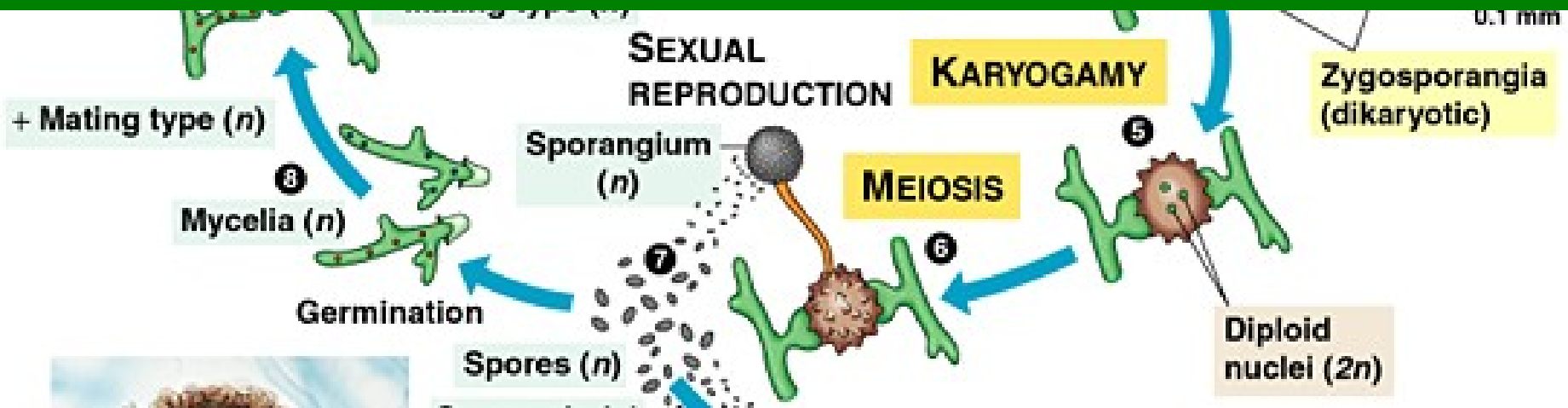
6. Ze zygosporangie potom vyroste krátké **sporangium**, ze kterého se uvolňují geneticky různorodé haploidní spory



Zygomycota

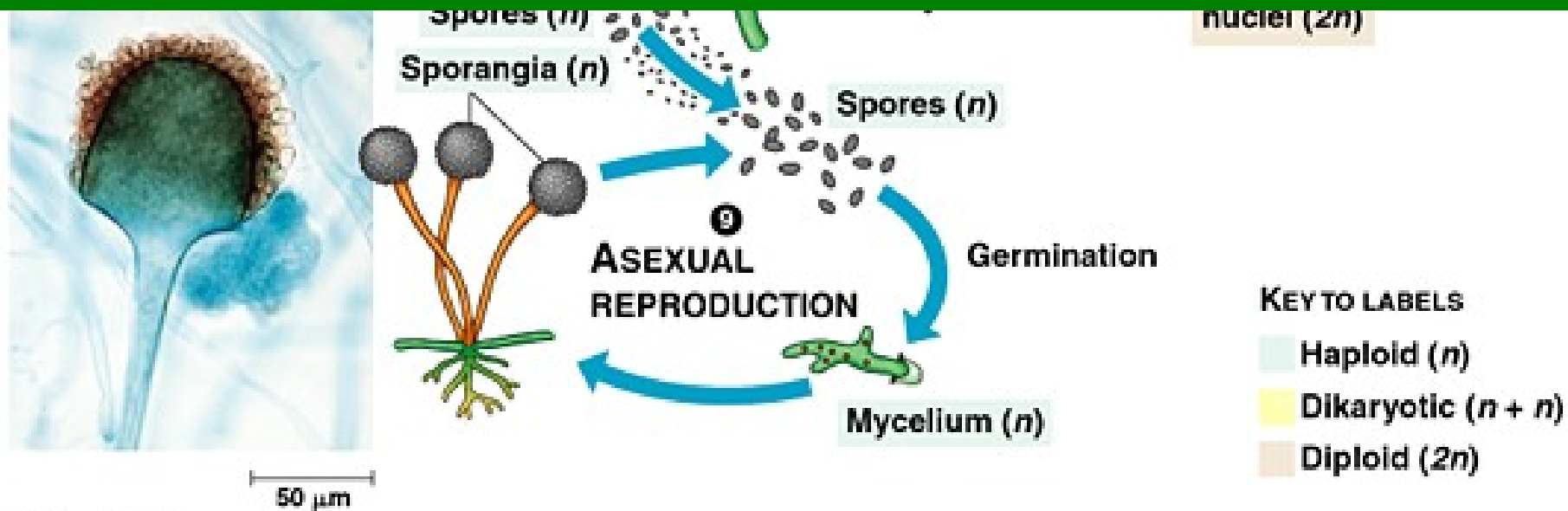
7. Ze sporangia se tedy uvolní geneticky odlišitelné haploidní **spory**

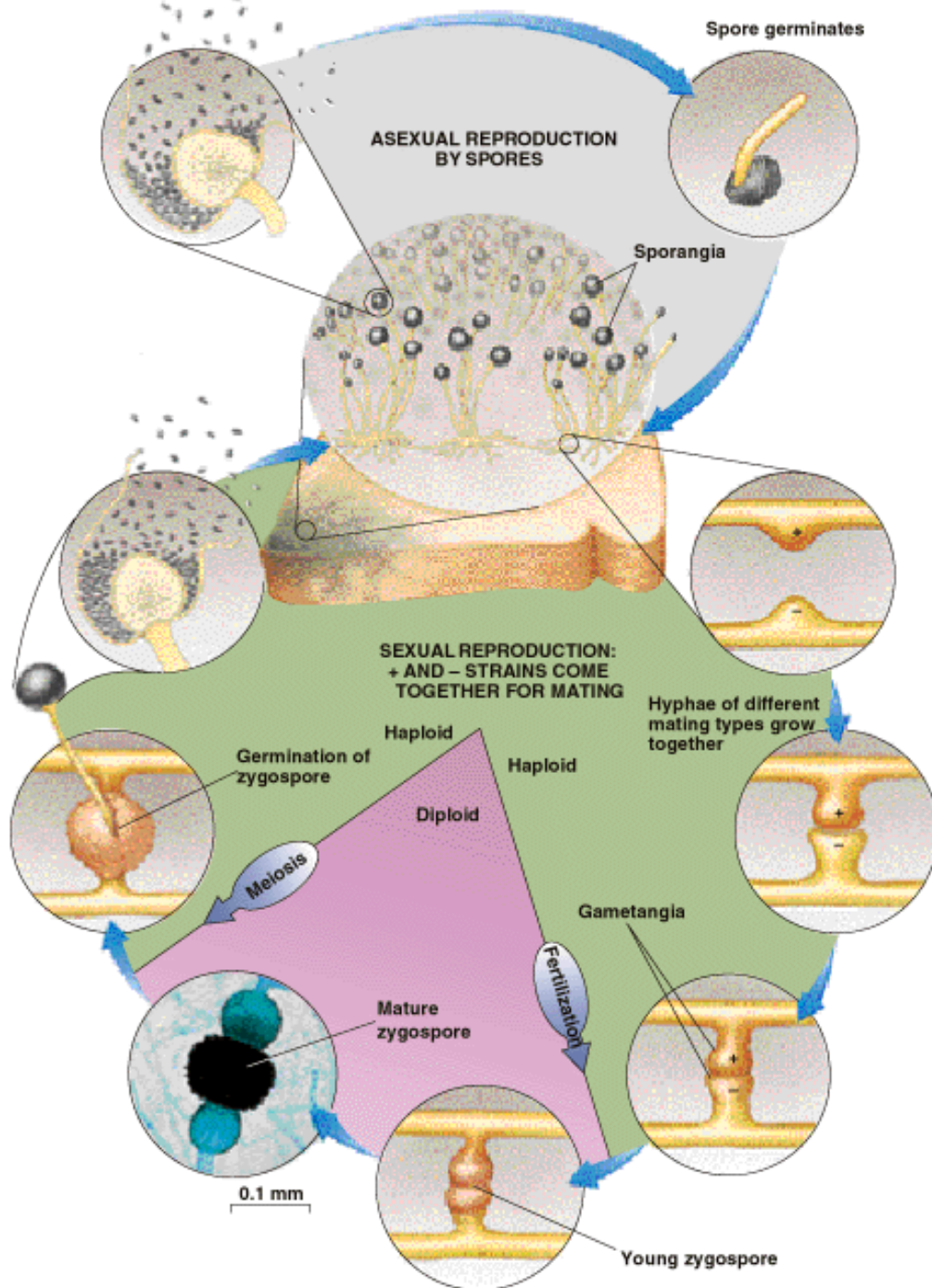
8. Tyto spory vyklíčí v nová haploidní **mycelia**



Zygomycota

9. Mycelia rodu *Rhizopus* se mohou rozmnožovat rovněž nepohlavně tvorbou sporangií, ve kterých se nacházejí geneticky totožné spory





Zygomycota

(jiné schéma)



Zygosporangium
Mucor mucedo

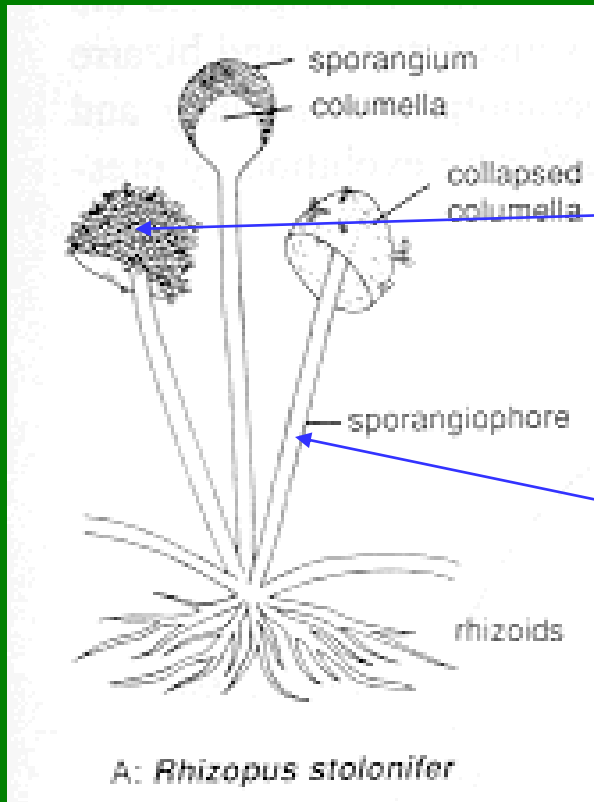
Zygomycota



Na obrázku je Petriho miska s agarem. Na protilehlé strany misky byly umístěny dva sexuálně kompatibilní kmeny rodu *Phycomyces*. Mycelia se rozšířila po agarovém povrchu. V místě setkání (temné čára vprostřed misky) došlo ke vzniku zygosporangií.

Zygomycota

Rhizopus stolonifer



Sporangium

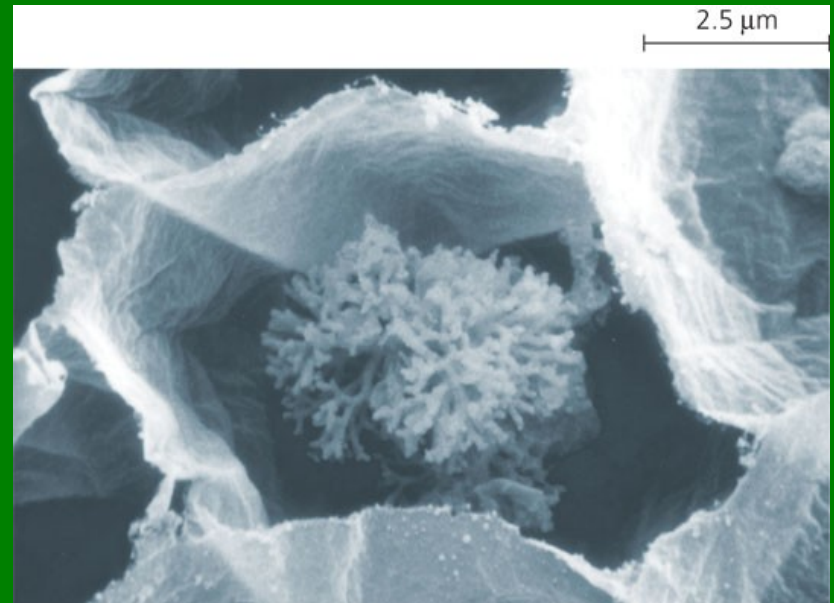
Sporangiofor



Glomeromycety

dříve řazené mezi Zygomycota

- tvoří podivný typ endomykorhizy zvaný arbuskulární mykorhiza
- asi 90% rostlin tvoří arbuskulární symbiózu s glomeromycetami!



hyfy, které svým větvením připomínají keř či strom jsou vidět uvnitř kořenové buňky, ze které byla odstraněna cytoplasma

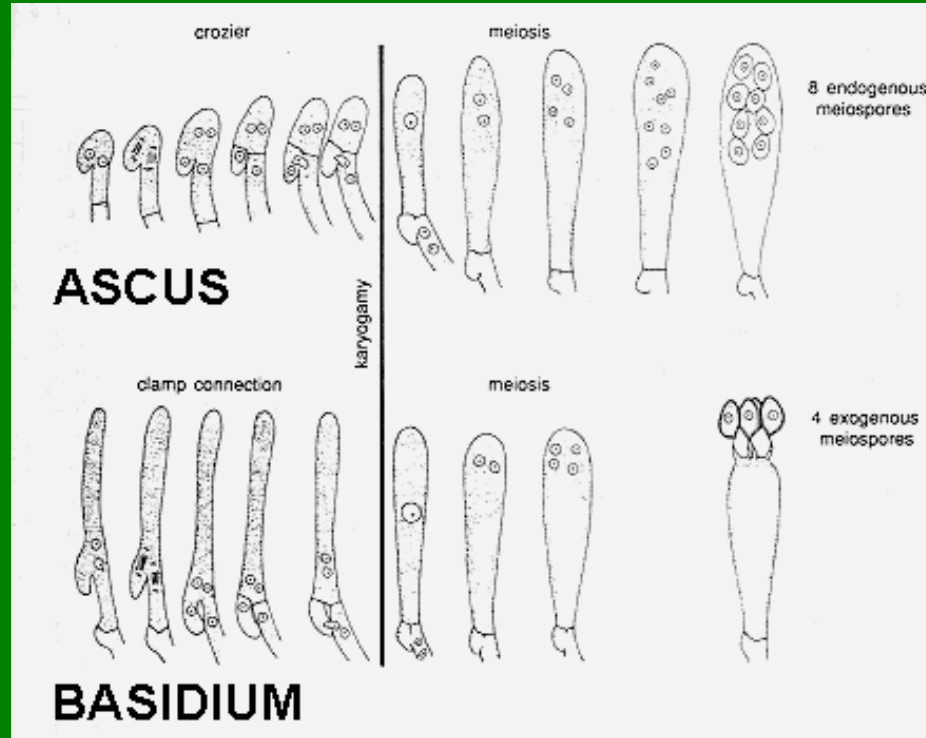
Ascomycota a Basidiomycota

- Mají dikaryontní fázi
- Umí využít jako zdroj potravy celulózu, lignin a dokonce keratin (- vlasy, nehty, srst)
- Na rozdíl od prokaryot, neumí fixovat vzdušný dusík

Ascomycota a Basidiomycota

Horní obrázek:

Sporangia ascomycet jsou vřečka (asci). Jsou cylindrická a v dospělosti obsahují osm haploidních spor (askospor), které se uvolňují do vzduchu.



Spodní obrázek:

Sporangia basidiomycot jsou basidia. Obvykle obsahují čtyři drobné výběžky - **sterigmata**, každé obsahuje jednu haploidní sporu (basidiosporu)

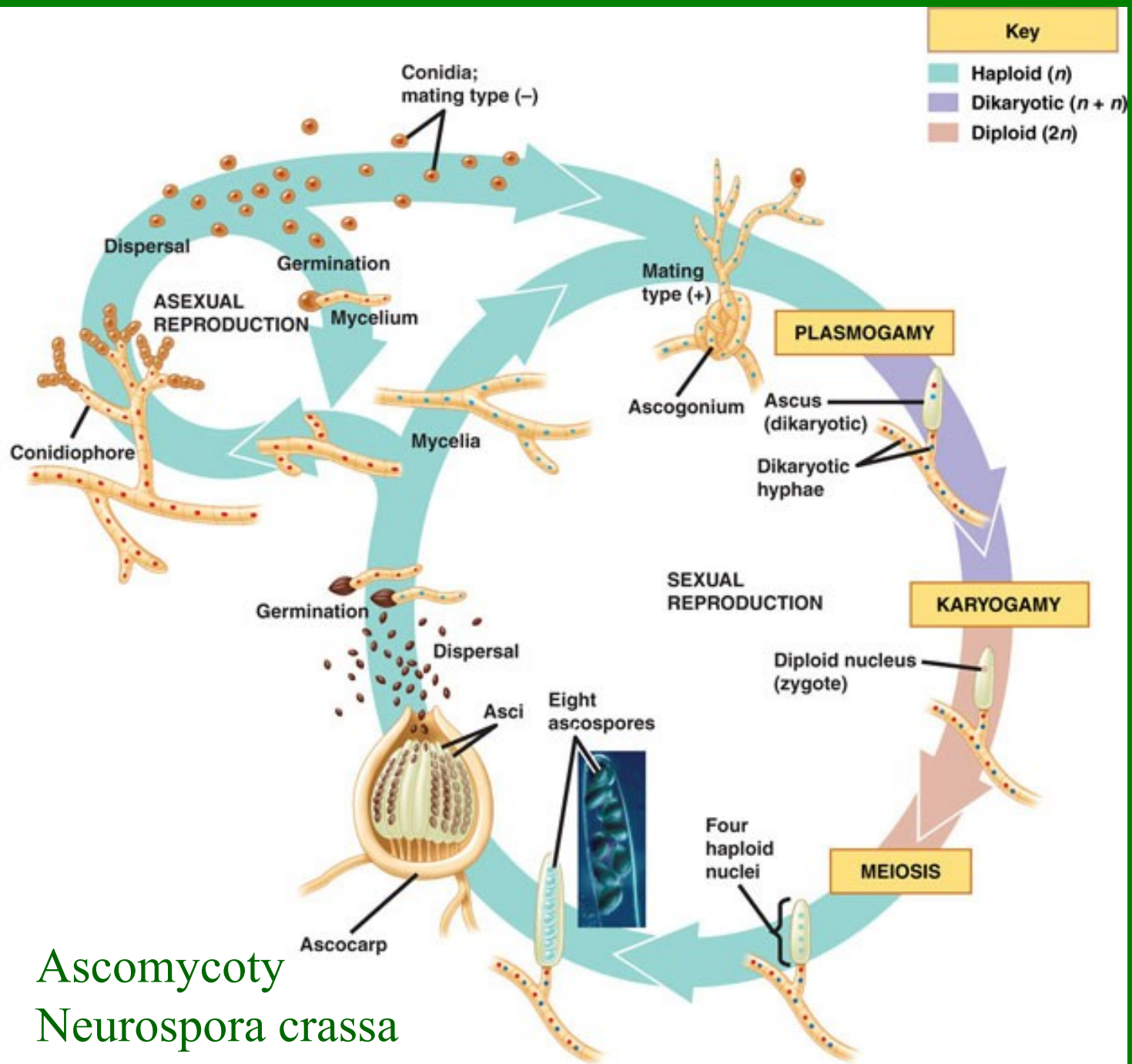
Vznik asků či basidií značí konec dikaryontní fáze: dvojice jader splynuly a nastala meióza (u ascomycot následovaná mitózou), čímž vznikne 8 haploidních askospor nebo čtyři haploidní basidiospory

Ascomycota

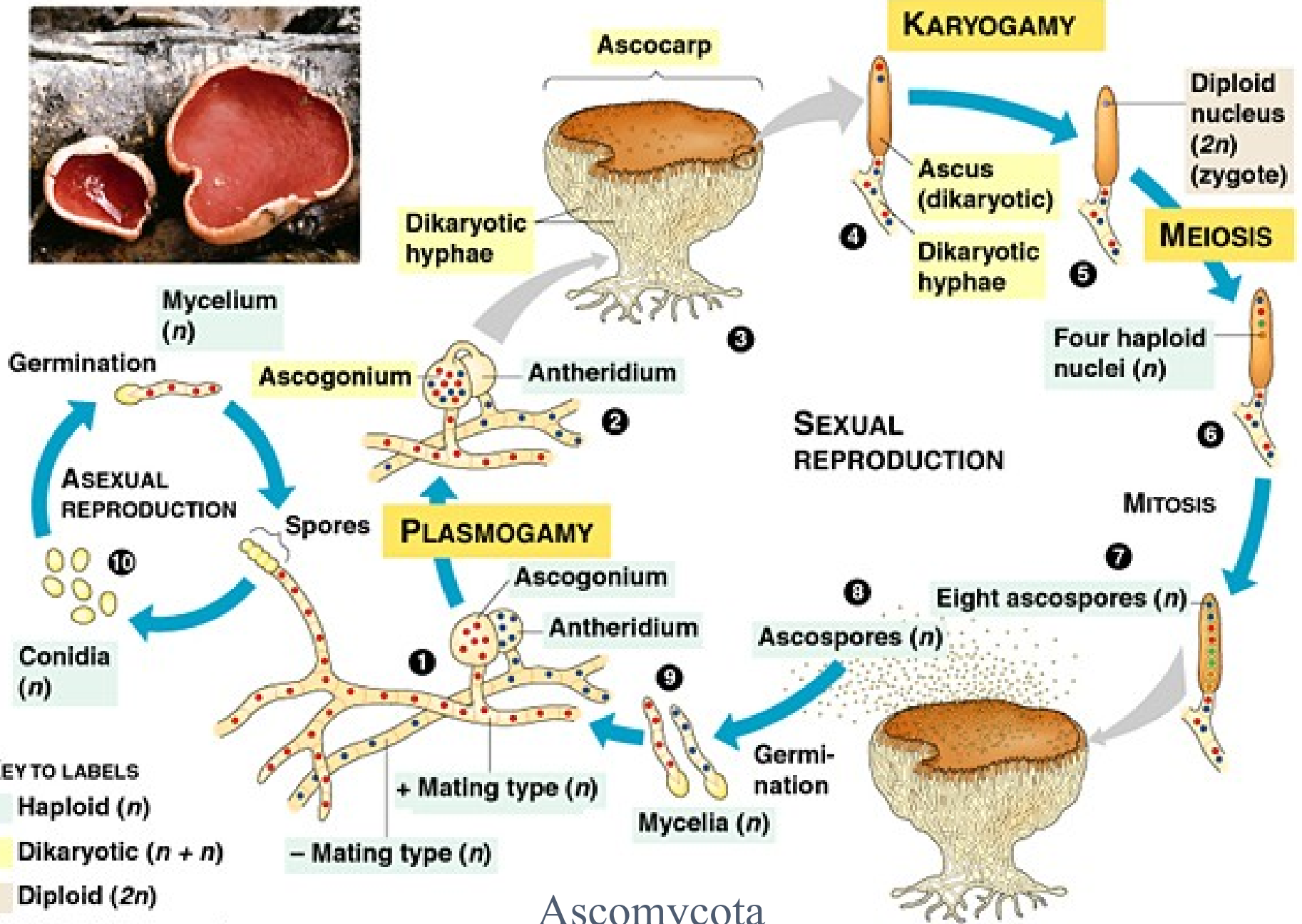
- popsáno kolem 32 000 druhů
- mořské, sladkovodní, suchozemské
- tvoří vřecka (vřecko = ascus), které obsahují 8 askospor. Tato vřecka jsou vždy důsledkem pohlavního procesu
- krom toho se rozmnožují i nepohlavně pomocí konidií
- asi 40% z nich tvoří lišejníky
- některé žijí v intercelulárách houbovitého parenchymu listů a vylučují toxiny jedovaté pro hmyz

Ascomycota

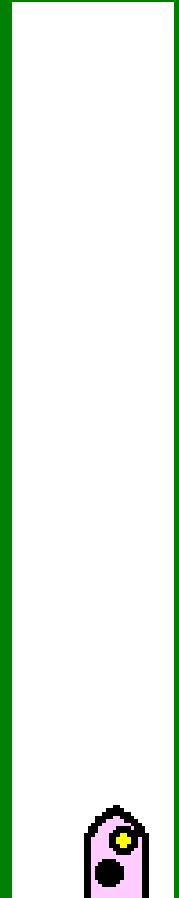
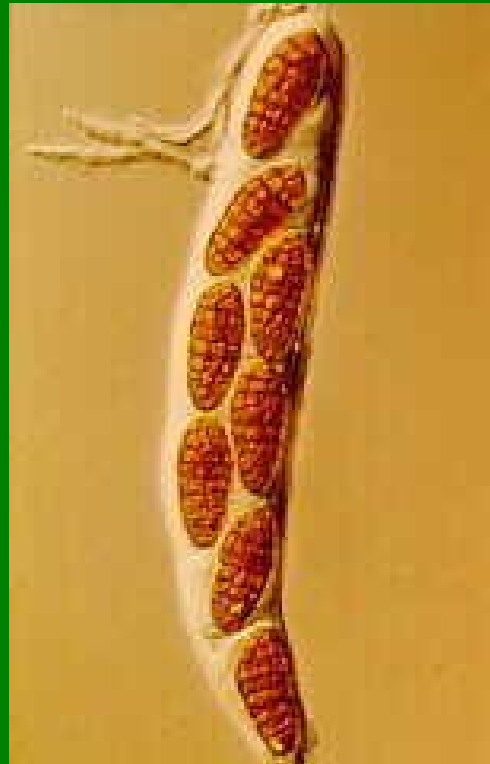
- jedním z nejznámějších zástupců je *Neurospora crassa*
- v roce 2003 byl sekvenován její genom...
- ...*Neurospora* má 10 000 genů, málo nekódující DNA



Ascomycoty
 Neurospora crassa

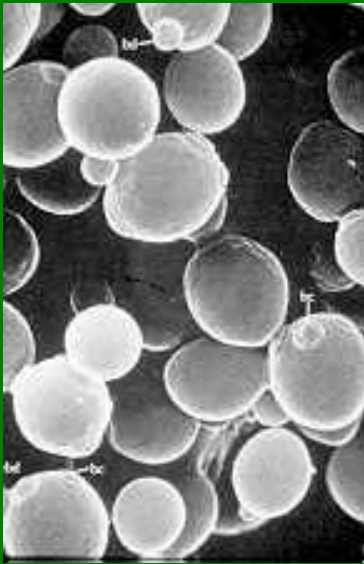


Ascomycota

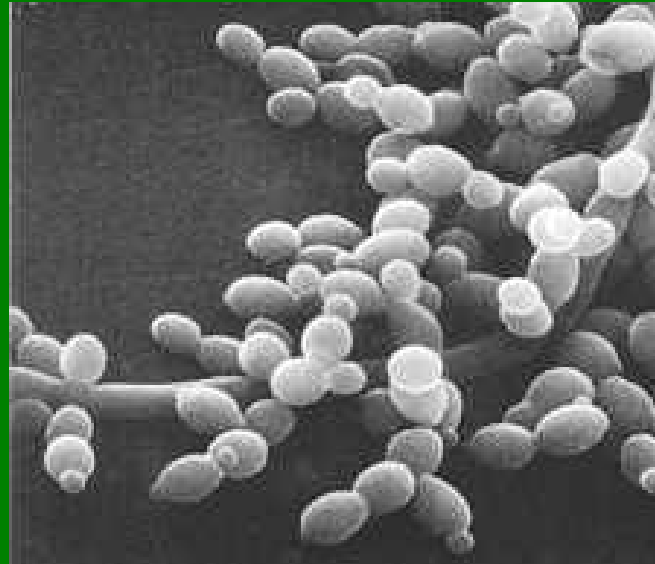


Různé typy výtrusnic (asků = vřecek).
V každé je osm haploidních spor

Ascomycota - příklady

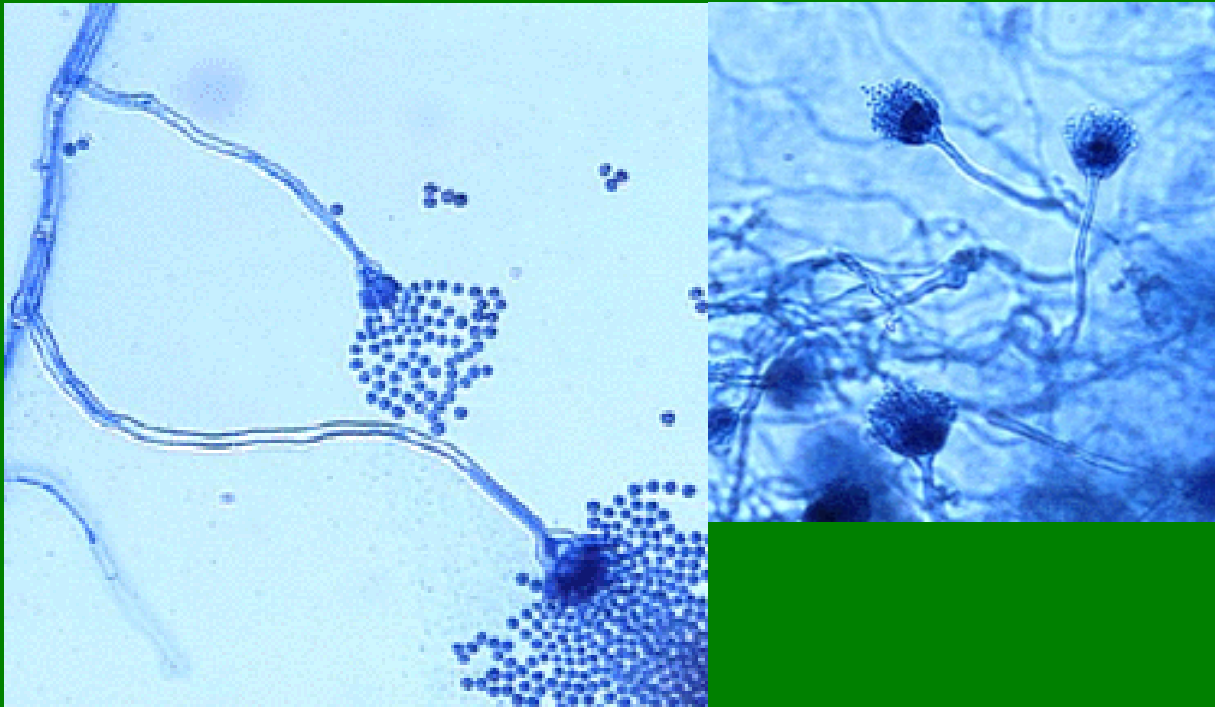


*Saccharomyces
cerevisiae*

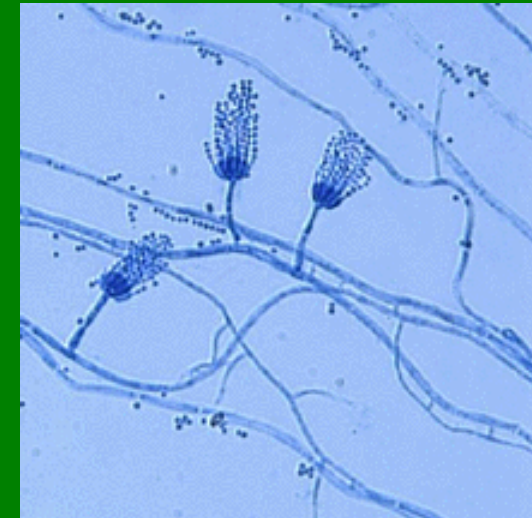


Candida albicans
Kvasinky se
rozmnožují pučením.
V případě, že se
dceřinné buňky
rozmnožují pučením,
vznikají řetízky
nepravého mycelia
(pseudomycelium)

Ascomycota - příklady

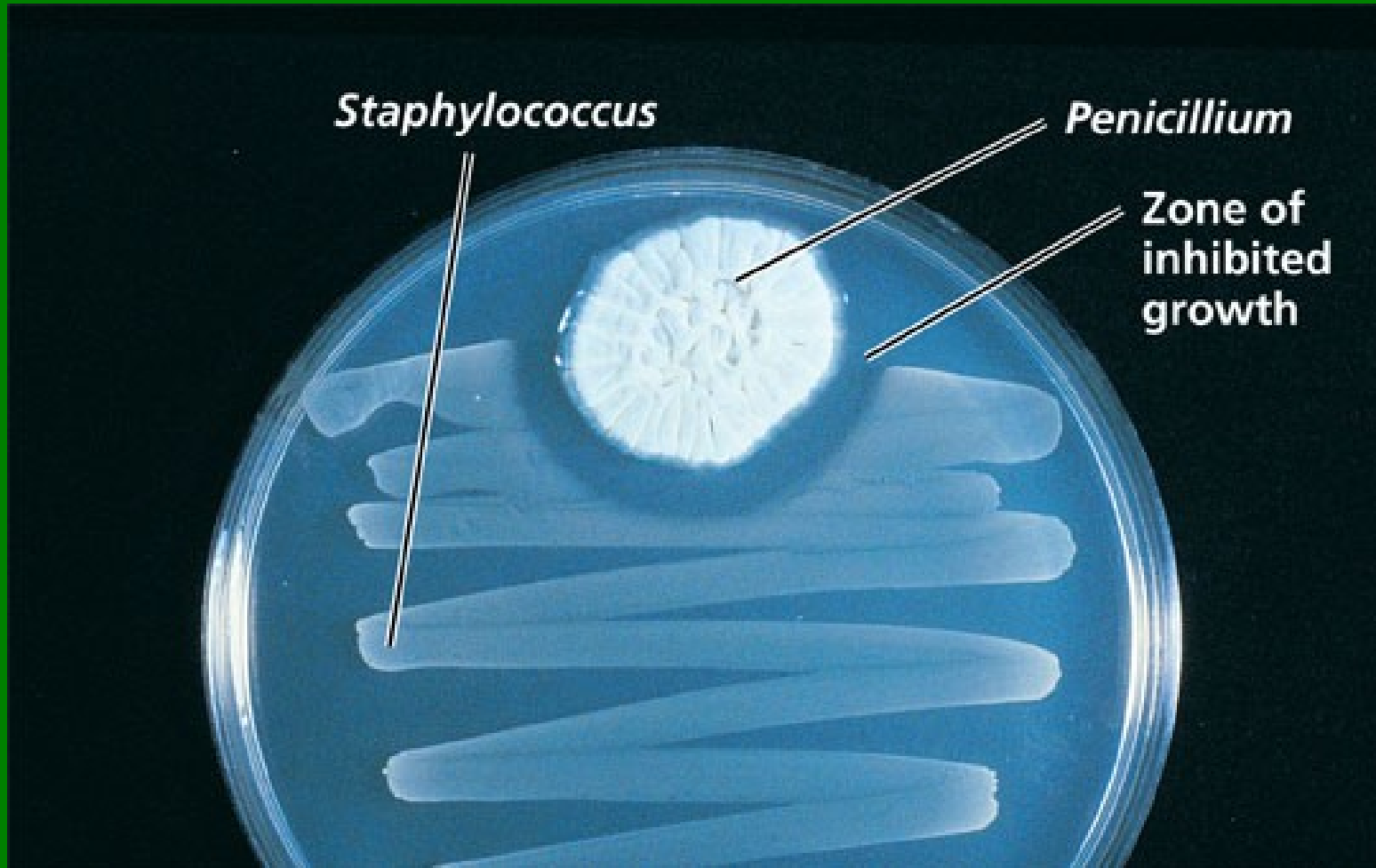


Rod Kropidlák (*Aspergillus*)



Rod *Penicillium*

Působení penicilínu



Ascomycota - příklady



Rod *Penicillium*

Hyfy, sporangia a spory

Ascomycota - příklady



Claviceps purpurea – jedovatý a léčivý námel nachový

Ascomycota - příklady

Taphrina populina



Lanýž letní
(*Tuber aestivum*)



*Rhytisma
punctatum*



Rod *Monilia*



Ascomycota - příklady

Rod *Peziza* - řasnatka



Řasnatka - *Peziza cochleata*



Patyčka - *Leotia viscosa*

Ascomycota - příklady

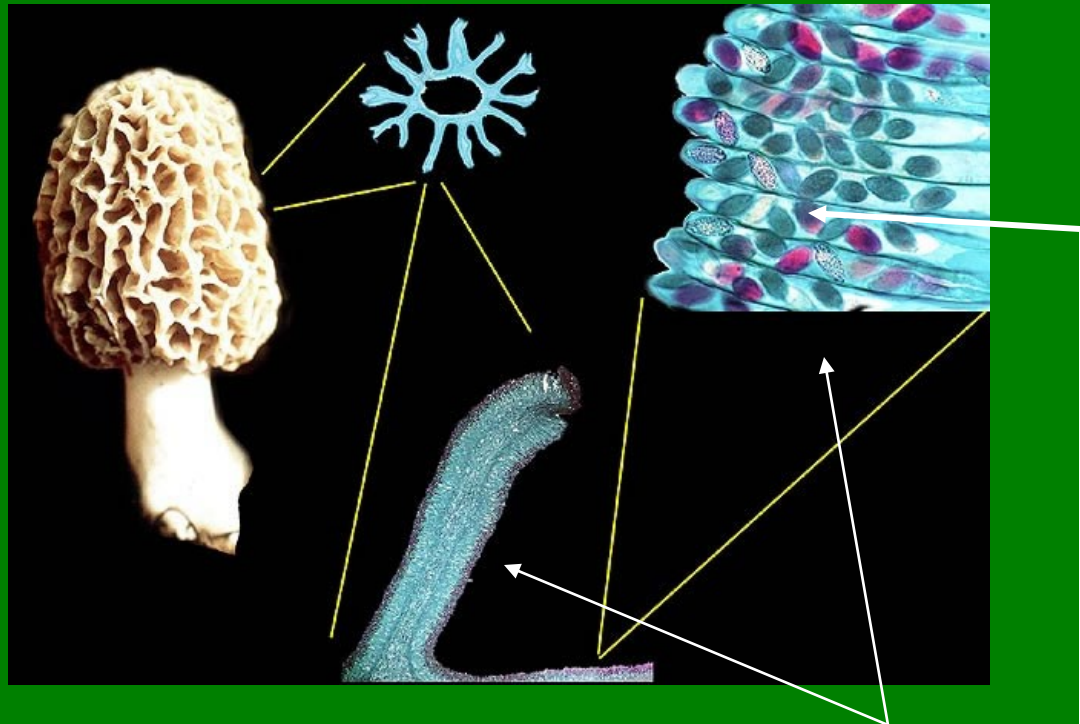


Ohnivec šarlatový (*Sarcoscypha coccinea*) roste na ztrouchnivěném dřevu, únor až květen. Např NP Podyjí.

Ascomycota - příklady



Smrž rodu *Morchella*



Na fotografii jsou dobře vidět
vřečka; každé obsahuje osm
haploidních spor (askospor)

Ascomycota - příklady



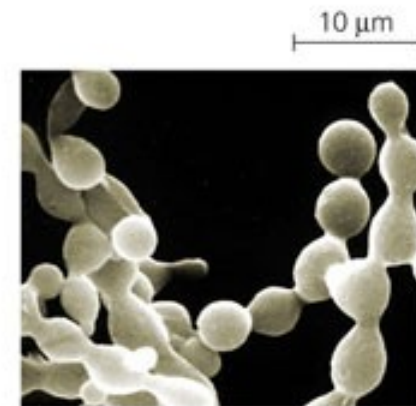
(a) The cup-shaped ascocarps (fruiting bodies) of *Aleuria aurantia* give this species its common name: orange peel fungus.



(b) The edible ascocarp of *Morchella esculenta*, the succulent morel, is often found under trees in orchards.

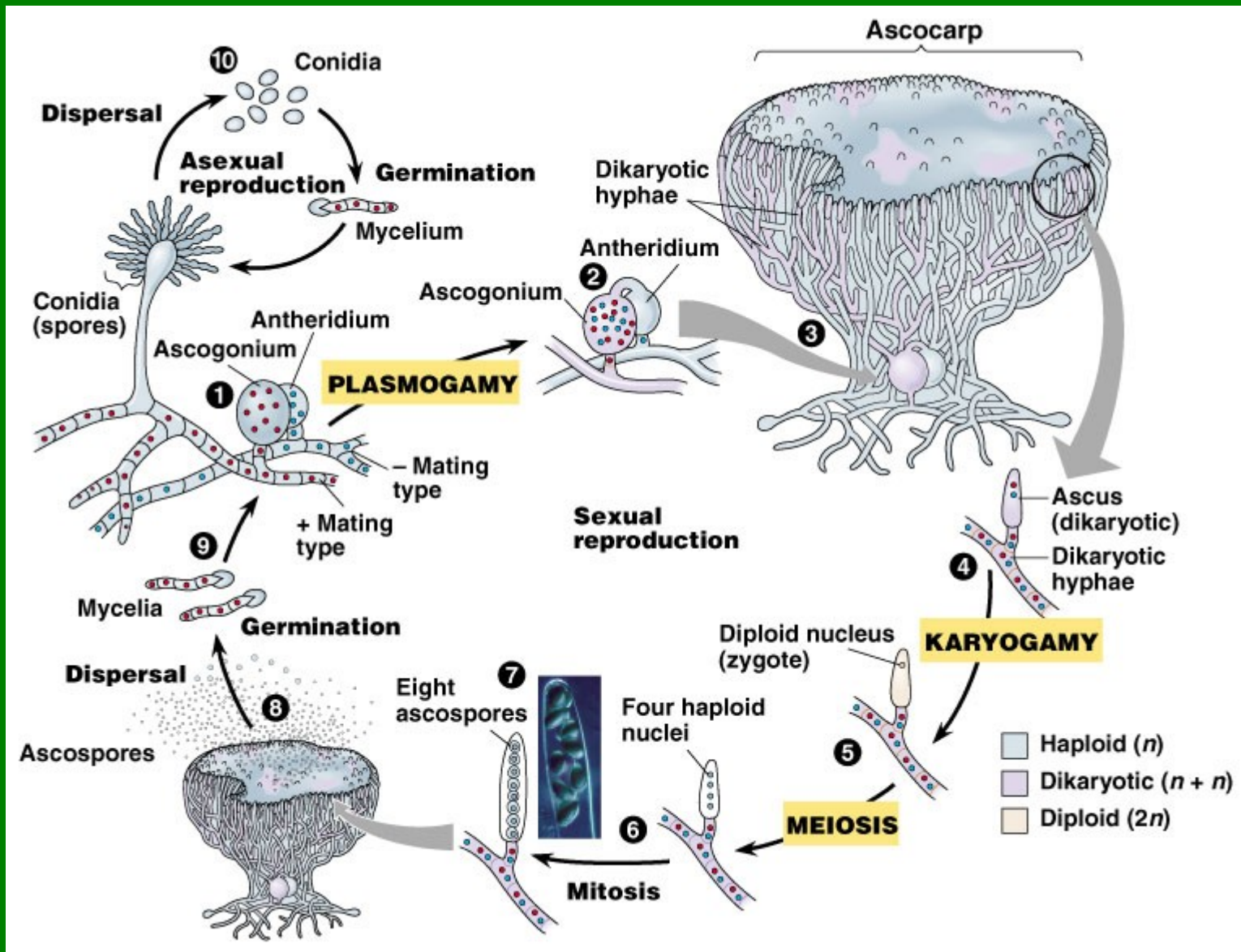


(c) *Tuber melanosporum* is a truffle, an ascocarp that grows underground and emits strong odors. These ascocarps have been dug up and the middle one sliced open.



(d) *Neurospora crassa* feeds as a mold on bread and other food (SEM).

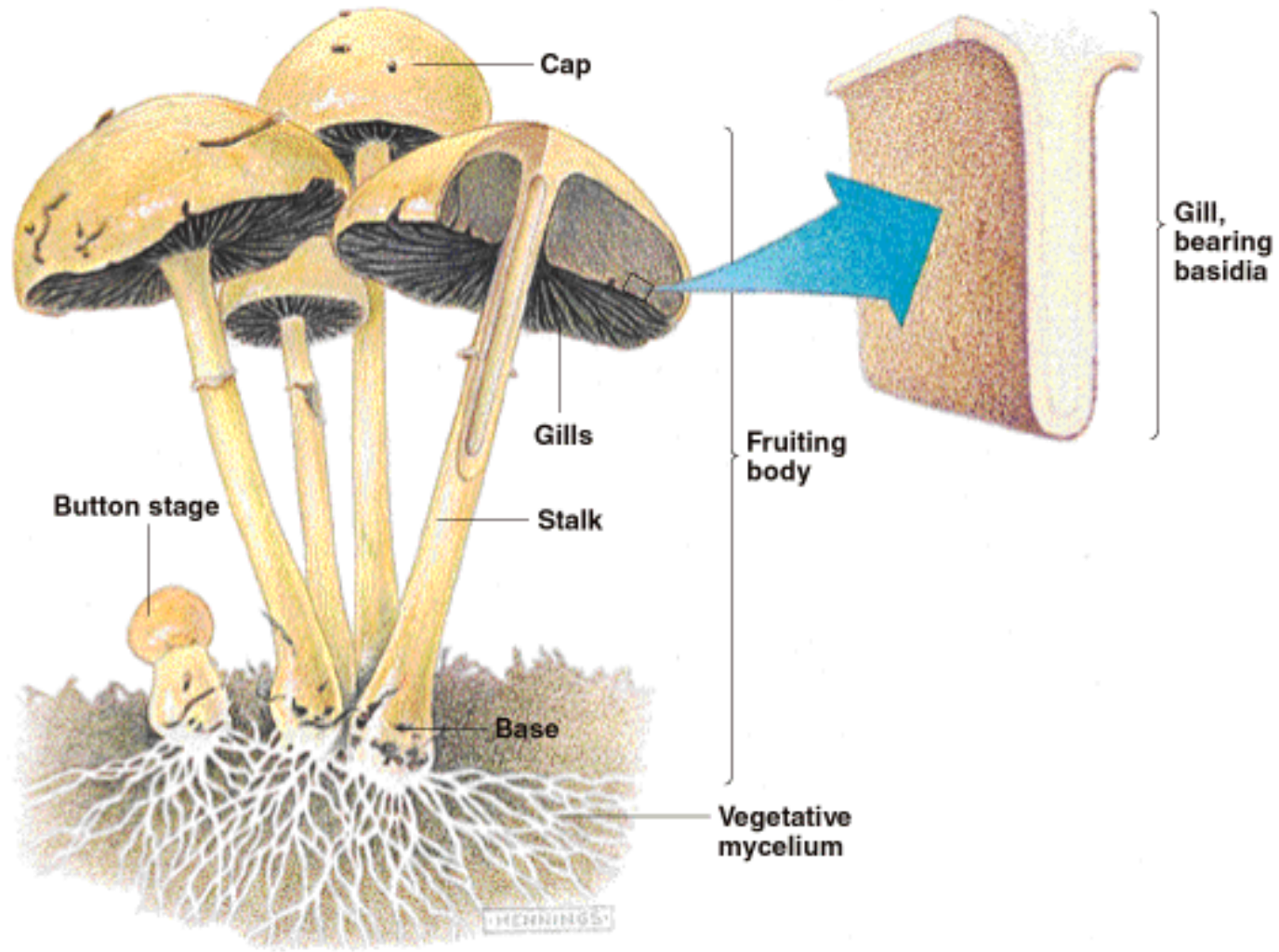
Životní cyklus askomycot



Basidiomycota

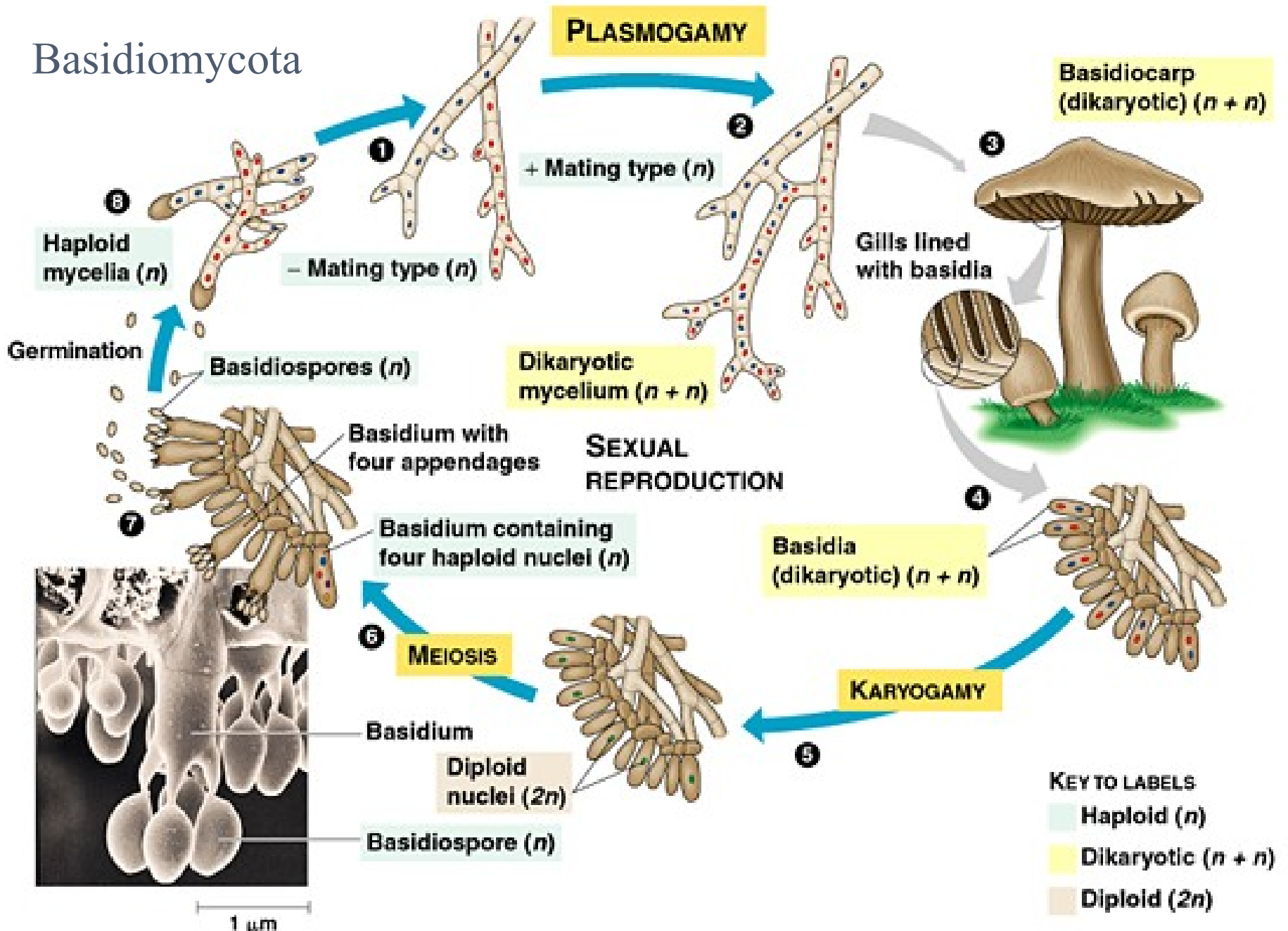
- asi 25 000 druhů
- **mykorrhizální** houby i parazité rostlin
- výtrusy, zde zvané **basidiospory**, vznikají na povrchu buněk, zvaných basidie.
Basidiospory se vytváří až po pohlavním procesu

Basidiomycota

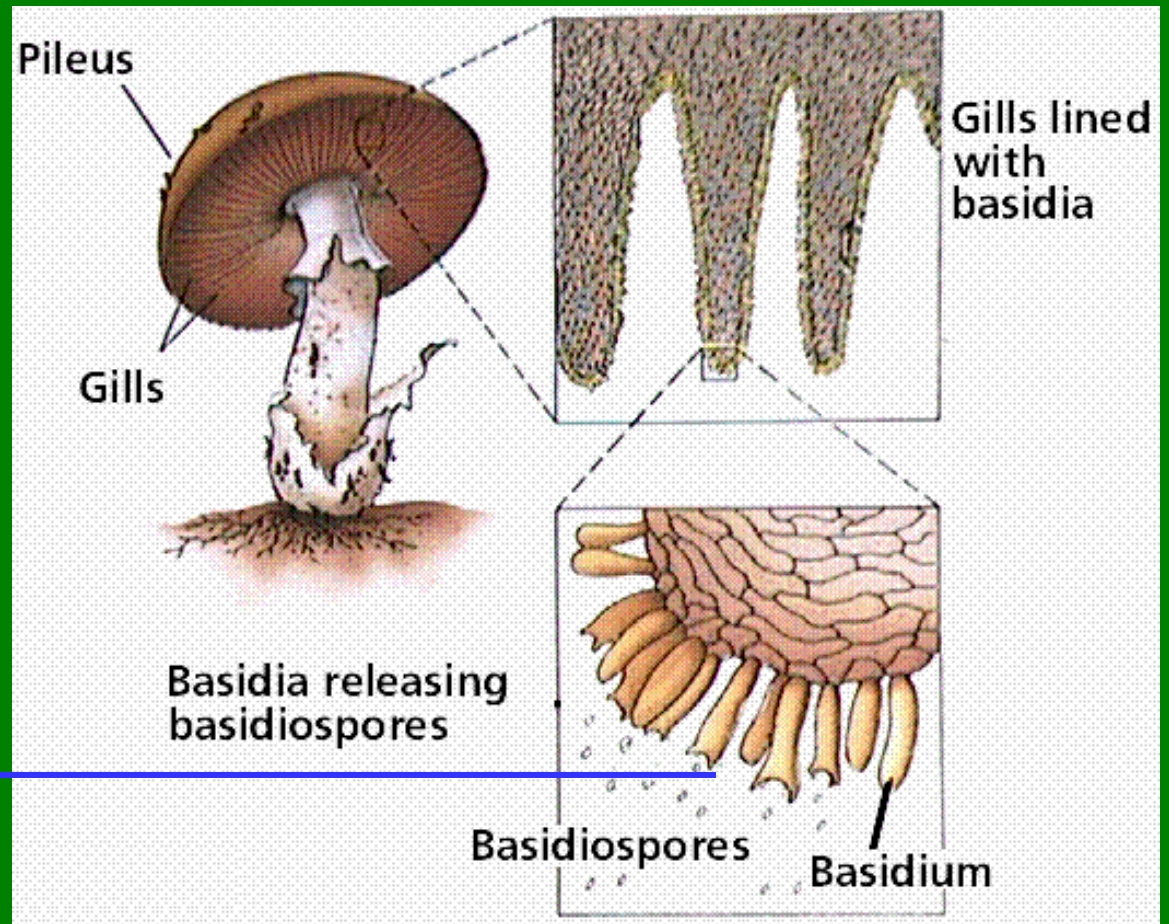
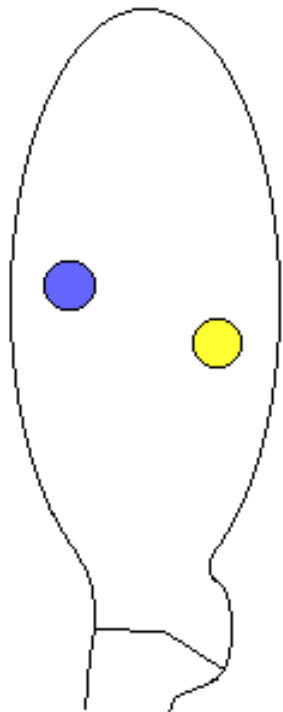


(a)

Basidiomycota



Basidiomycota



Basidiomycota (houby stopkvýtrusné) systém

- **Heterobasidiomycetidae**
 - (basidie je čtyřbuněčná)
 - Rzi (Uredinales)
 - Sněti (Ustilaginales)
- **Homobasidiomycetidae**
 - (basidie je jednobuněčná)
 - Chorošotvaré (Aphyllophorales)
 - Bedlotvaré (Agaricales)
 - Břichatky (Geastrales)

Basidiomycota

Heterobasidiomycetidae

Rzi (Uredinales)



Rez trávní
(*Puccinia
graminis*) střídá
dva hostitele; jarní
výtrusy se tvoří na
listech dříváku,
které potom infikují
obiloviny
(na obr. pšenice)



Basidiomycota

Heterobasidiomycetidae

Sněti (Ustilaginales)



Sněť kukuřičná (*Ustilago maydis*)

Tvoří na kukuřici nádory velikosti dětské hlavy

Basidiomycota

Homobasidiomycetidae

Chorošotvaré (Aphylllophorales)



Chorošotvaré
Kuřátka rodu *Ramaria*



Chorošotvaré
Rod *Ganoderma*



Rod *Bridgeoporus*

Basidiomycota (stopkpvýtrusné houby) - příklady



(a) Fly agaric (*Amanita muscaria*), a common species in conifer forests in the northern hemisphere



(b) Maiden veil fungus (*Dictyophora*), a fungus with an odor like rotting meat



(c) Shelf fungi, important decomposers of wood



(d) Puffballs emitting spores

Basidiomycota

Homobasidiomycetidae

Bedlotvaré (Agaricales)



Lysohlávky - *Psilocybe cubensis*



Hnojník - *Coprinus comatus*



Hřib *Tylopilus felleus*



Žampión -rod *Agaricus* (*Endoptychum*)

Basidiomycota

Homobasidiomycetidae

Břichatky (Geastrales)



Pestřec

Scleroderma aurantiacum



Rod *Clathrus*

Mravenci rodu *Atta* (střihači)

- mravenci rodu *Atta* (Střední a Jižní Amerika) si na těchto listech pěstují uvnitř mraveniště speciální druh houby, která neroste nikde jinde na světě a touto houbou se výhradně živí



Lišejníky

- Symbiotické (mutualistické?) spojení houby a řasy (nebo sinice)
- Řasy a sinice je možno najít běžně volně, houba volně žít sama nemůže žít buď vůbec, nebo jen obtížně
- Houba je skoro vždy ze skupiny Ascomycota, fotosyntetizující organismy jsou zelené řasy (*Trebouxia*, *Pseudotrebouxia*, *Trentepohlia*) nebo sinice *Nostoc*. Tyto čtyři rody tvoří asi 90% všech lišejníků. Proto se lišejníky klasifikují podle houbové složky

Lichenes

- Pohlavně se výjimečně rozmnožuje pouze houbová složka lišejníku s velkým rizikem že fotosyntetizující řasu nebo sinici rodu *Nostoc* nepotká
- Stélka je
 - Korovitá (c)
 - Lupenitá (b)
 - Keříčkovitá (a)



(a) A fruticose (shrub-like) lichen

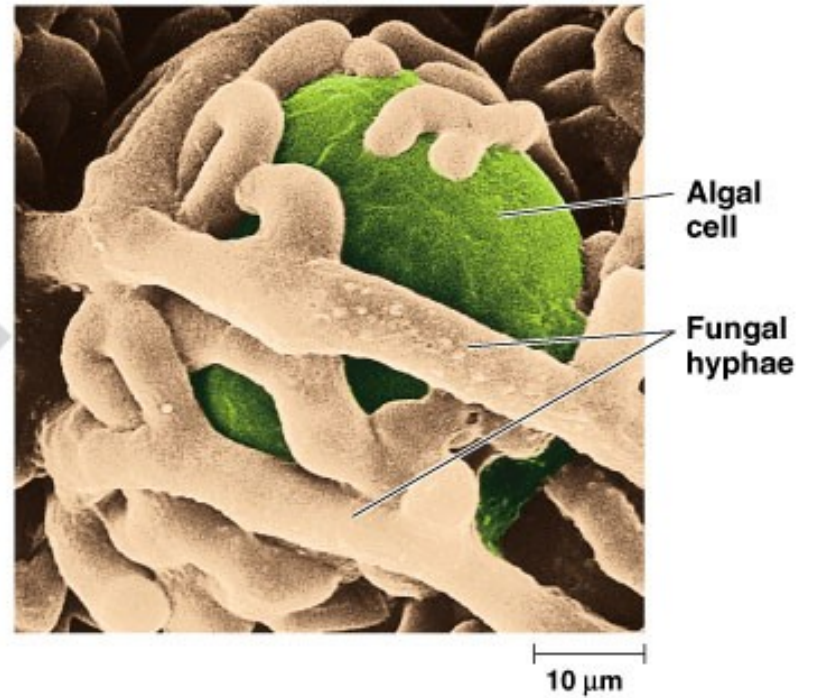
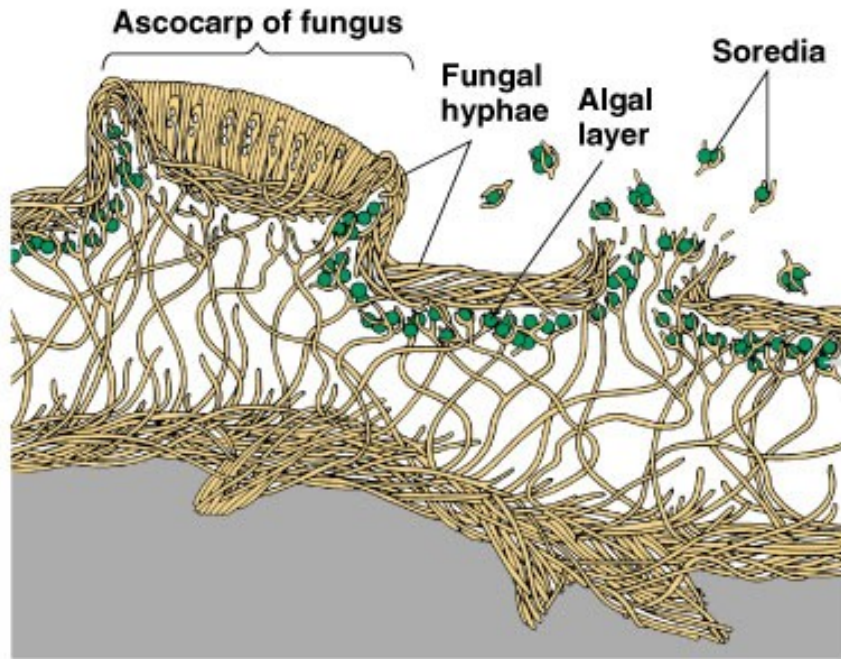


(b) A foliose (leaf-like) lichen



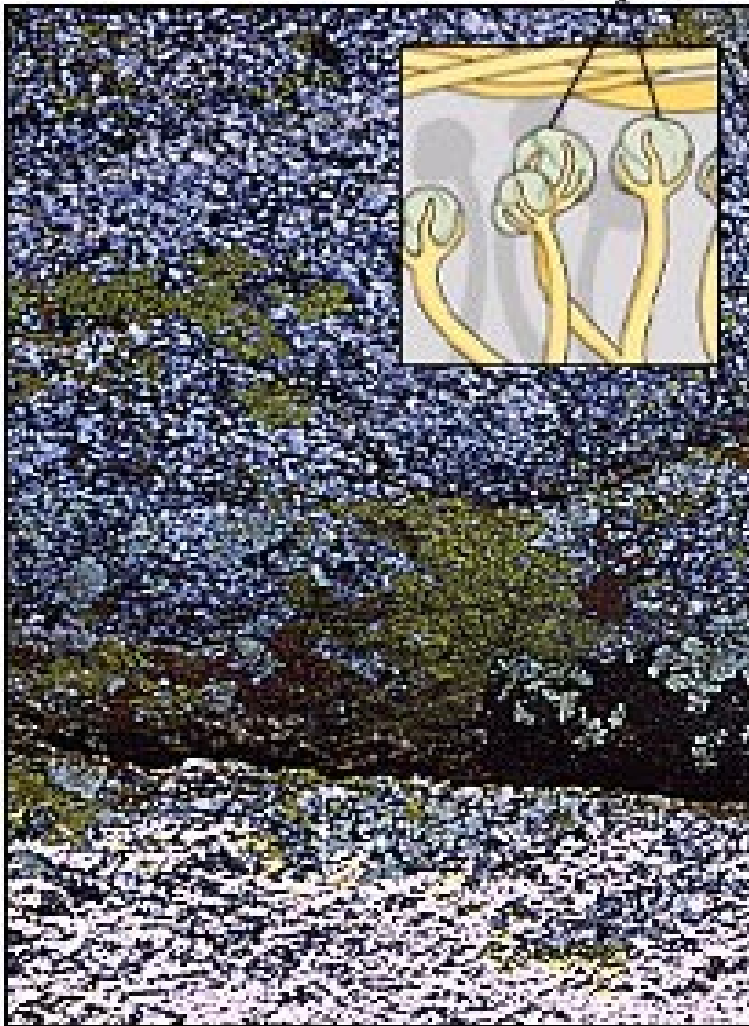
(c) Crustose (crust-like) lichens

Anatomie lišejníku

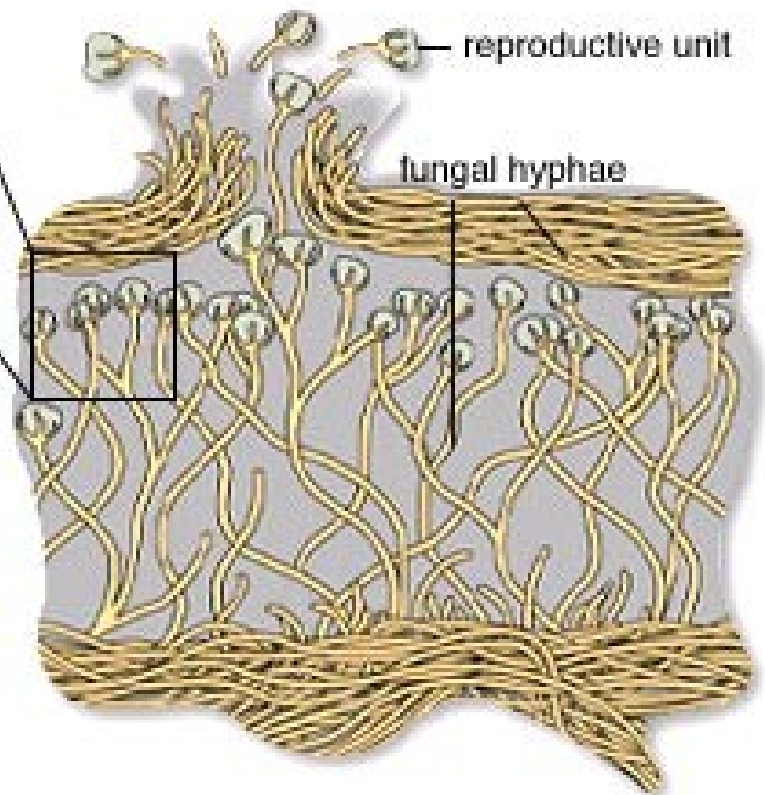


Lišejníky

© John and Barbara Plesants



algal cells



reproductive unit

fungal hyphae

Lišejníky



Dutohlávka sobí
Cladonia rangiferina



Tajga porostlá lišejníky



Strom porostlý lišejníky, Řecko. Lišejníky jsou bioindikátory čistoty ovzduší