

Oddělení: BASIDIOMYCOTA

Hyfy s doliporovým septem nebo kvasinkové formy; nepohlavní spory se vyskytují řídce; pohlavní rozmnožování: fúzí kompatibilních hyf (somatogamie), vedoucí k produkci basidiospor na basidích, často na makroskopických plodnicích.



Rez vejmutovková (*Cronartium ribicola*)
na rybízu

Foto: B. Mieslerová



Boletus edulis Hřib smrkový

Foto: M. Vašutová

Oddělení: DEUTEROMYCOTA

Hyfy s přepážkami nebo kvasinkové formy; pohlavní rozmnožování není známo nebo chybí; nepohlavní rozmnožování: konidie tvořené různými způsoby.



Septoria apii

Septorióza celeru

Foto: B. Sedláková

HLAVNÍ ROZDÍLY MEZI HOUBOVÝMI ZÁSTUPCI ŘÍŠE CHROMISTA A PRAVÝMI HOUBAMI

	Houbové organismy říše Chromista	Houby (říše Fungi)
Zoospory	Dvoubičíkaté; jeden hladký a jeden s mastigonematy	Jednobičíkaté: jeden hladký bičík u Chytridiomycota
Biosyntéza lyzinu	Přes dráhu diaminopimelové kys.	Přes dráhu α -aminoadipové kys.
Mitochondrie	Trubicovité kristy (přepážky)	Ploché kristy
Polysacharidy buněčné stěny	Celulóza přítomna; chitin také u některých druhů	Celulóza chybí; chitin obvykle přítomen
Proteiny buněčné stěny	Hydroxyprolin přítomen	Prolin přítomen

CHARAKTERISTICKÉ ZNAKY HLAVNÍCH SKUPIN HUB (říše FUNGI)

SKUPINA:	PERFOROVANÉ PŘEPÁŽKY +/-	NEPOHLAVNÍ SPORY	POHLAVNÍ SPORY
<i>Chytridiomycota</i>	-	Pohyblivé zoospory	Odpočívající spory
<i>Zygomycotina</i>	-	Nepohyblivé sporangiospory	Zygospory
<i>Ascomycotina</i>	+	Konidie	Askospory
<i>Basidiomycotina</i>	+	řídce	Basidiospory
<i>Deuteromycotina</i>	+	Konidie	Žádné

OSTATNÍ SYSTÉMY I.

Gaumann, 1950-1960

Archimycetes – organismy bez buněčné stěny v trofické fázi

Phycomycetes – místem karyogamie a meiózy je zygota

- zoospory přítomny (chytridiomycetes,
oomycetes, plasmodiophoromycetes,
hyphochytridiomycetes)

- bez zoospor (zygomycetes,
trichomycetes)

Ascomycetes – Místem karyogamie a meiózy je vřecko

Basidiomycetes – Místem karyogamie a meiózy je basidie

Heterobasidiomycetes, Homobasidiomycetes

Deuteromycetes – pouze nepohlavní fáze

OSTATNÍ SYSTÉMY II.

Alexopoulos, 1966

„LOWER FUNGI“ – NIŽŠÍ HOUBY

Myxomycetes

Phycomycetes

Chytridiomycetes

Oomycetes

Zygomycetes

„HIGHER FUNGI“ – VYŠŠÍ HOUBY

Ascomycetes

Hemiascomycetes

Euascomycetes

Deuteromycetes

Basidiomycetes

Homobasidiomycetes

Heterobasidiomycetes

OSTATNÍ SYSTÉMY III.

Arx, Kreisel, 1969; Webster 1970; Ainsworth 1973

Myxomycota (Acrasiomycetes, Myxomycetes,
Plasmodiophoromycetes, Labyrinthulomycetes,
Trichomycetes)

Chytridiomycota

Oomycota

Eumycota Zygomycetes

Endomycetes

Ascomycetes (Protoascomycetidae,
Ascohymenomycetidae,
Ascoloculomycetidae)

Deuteromycetes

Basidiomycetes (Holobasidiomycetidae
Phragmobasidiomycetidae)

OSTATNÍ SYSTÉMY IV.

Hawksworth, Kirk, Pergler, Sutton & Ainsworth, 1994

Myxomycota

Dictyosteliomycetes
Myxomycetes
Plasmodiophoromycetes

Eumycota

Mastigomycotina

Oomycetes
Chytridiomycetes

Zygomycotina

Ascomycotina

Basidiomycotina

Basidiomycetes
Ustomycetes
Teliomycetes

Deuteromycotina

Coelomycetes
Hyphomycetes

OSTATNÍ SYSTÉMY V.

Cavalier-Smith, 1998

3. IMPÉRIUM: EUKARYA

1. ŘÍŠE: PROTOZOA

Myxomycota (hlenky)

Plasmodiophoromycota (nádorovky)

2. ŘÍŠE: CHROMISTA (STRAMENOPILA)

PODŘÍŠE: CHROMOBIOTAE Labyrinthulomycota

Oomycota (Peronosporomycota)

Hyphochytriomycota

3. ŘÍŠE: FUNGI

Chytridiomycota

Eumycota

(Zygomycotina,

Ascomycotina, Basidiomycotina,

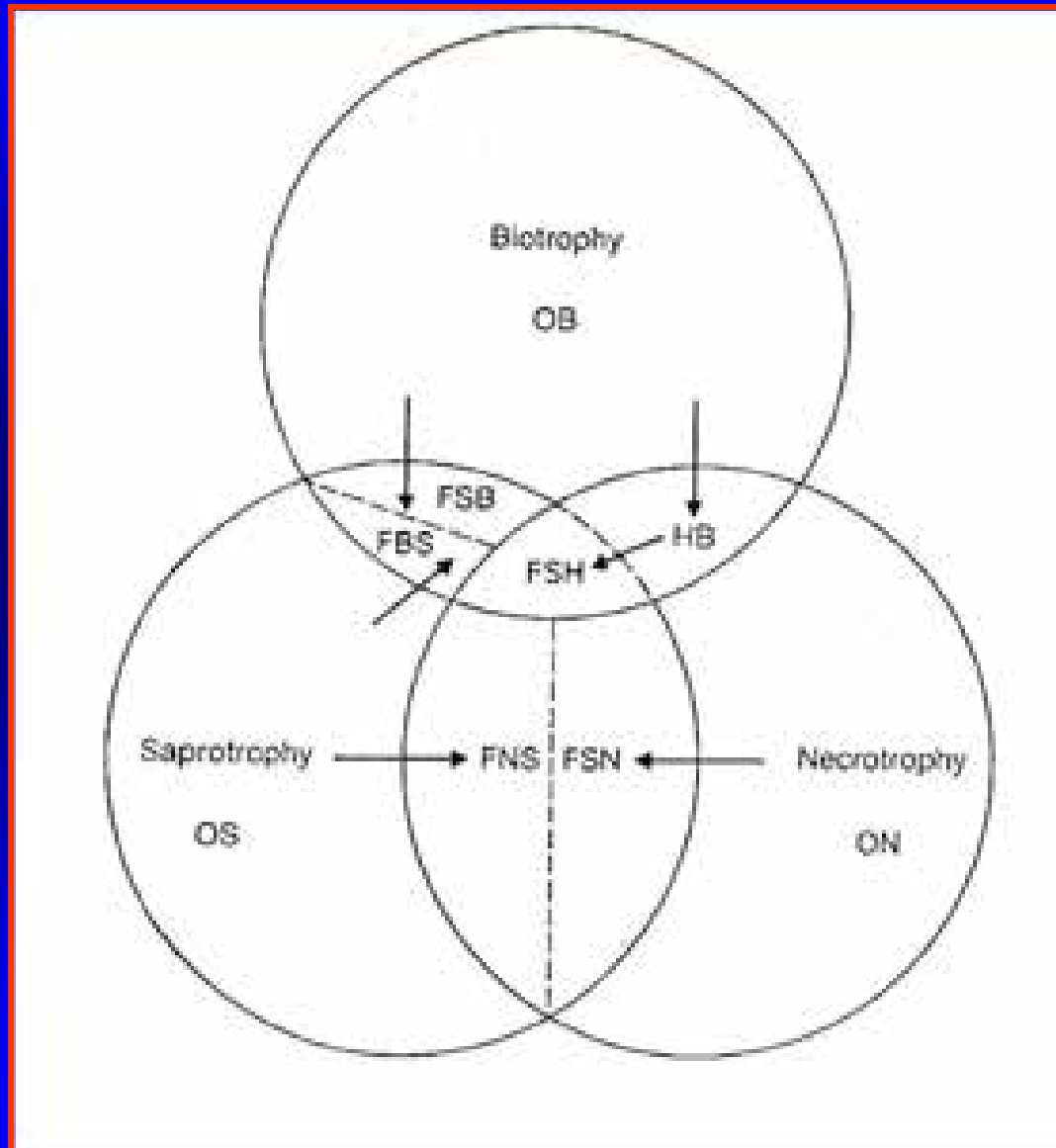
Deuteromycotina)

FOSILNÍ ZÁZNAMY O HOUBÁCH

- Původ hub se zdá být velmi dávný
- Poprvé se houby objevují ve fosilních záznamech ve stejném období jako suchozemské rostliny.
- Kambrium, Ordovik (500-350 mil) – mořské Oomycota a Chytridiomycota žijící společně s řasami nebo volně
- Silur (350-300 mil) – přehrádkované houby žijící společně s rostlinami
- Devon (300-250 mil) – Ligninolytické houby, Zygomycotina a Basidiomycotina
- Karbon (250-200 mil) - Basidiomycotina na zbytcích dřeva stromů
- Perm, Trias (200- 150 mil) – Ektomykorrhiza tvořena zástupci Basidiomycotina, řád Polyporales dobře vyvinutý
- Jura, Křída (75-150 mil) – důkazy výskytu Ascomycotina
- Třetihory (10-75 mil) – dokázána existence erikoidní endomykorrhizy s některými zástupci Ascomycotina a možná i některými Deuteromycotina a Basidiomycotina

Období	Časové rozmezí (x 10⁶)	Hlavní znaky vývoje rostlin ve vztahu k houbám	Vývoj a fosilní nálezy hub
Třetihory	10-75	Moderní flóra ustanovena	Vývin endomykorrhizy s Ascomycotina; Basidiomycotina i Deuteromycotina
Křída	75-100	Konifery dominantní, výskyt potenciálně mykorrhizních Krytosemenných rostlin	Ascomycotina rozvoj
Jura	130-140	Bujné jehličnaté a kapradinové lesy	Ektomykorrhiza s Basidiomycotina, Polyporales potvrzené
Trias	160-180	Konifery	
Perm	190-200	Konifery	
Karbon	200-250	Ranné Nahosemenné rostliny	Basidiomycotina na zbytcích dřeva
Devon	250-300	Cévnaté rostliny, rhyniofyta	Ligninolytické houby, Zygomycotina a Basidiomycotina
Silurian	300-350	Lichenizované řasy, mechorostům podobná flóra, vznik cévnatých rostlin	Přehrádkované houby ve vztahu s rostlinami a sinicemi
Ordovik	425		
Kambrium	500		Mořské Oomycota a Chytridiomycota ve vztahu s řasami i volně žijící

MODEL VZTAHŮ MEZI RŮZNÝMI ZPŮSOBY VÝŽIVY U HOUBOVÝCH ORGANISMŮ



Podle Cook a Whipps, 1993

BIOTROFOVÉ –
houby musí získávat živiny z živého materiálu (rostlin, živočichů, hub)

NEKROTROFOVÉ -
houby se vyskytují na živém materiálu, ale zabíjejí živé buňky aby mohli získat živiny (toxiny)

SAPROTROFOVÉ -
houby živící se na odumřelém materiálu

EKONUTRIČNÍ SKUPINY HUB PODLE JEJICH NÁROKŮ NA VÝŽIVU A CHOVÁNÍ

Obligátní biotrofové (OB)	Žádná schopnost saprotrofní nebo nekrotrofní výživy
Hemibiotrofové (HB)	Zpočátku biotrofní, pak přecházející na nekrotrofní způsob výživy
Fakultativně saprotrofní hemibiotrofové (FSH)	Zpočátku biotrofní, pak přecházející na nekrotrofní způsob výživy a nakonec se může vyskytovat i saprotrofní fáze
Obligátní nekrotrofové (ON)	Normálně nekrotrofní, jakákoliv saprotrofní fáze velmi limitovaná
Fakultativně saprotrofní nekrotrofové (FSN)	Normálně nekrotrofní se schopností saprotrofního způsobu výživy
Fakultativně nekrotrofní saprotrofové (FNS)	Normálně saprotrofní se schopností nekrotrofního způsobu výživy
Obligátní saprotrofové (OS)	Žádná schopnost nekrotrofního nebo biotrofního způsobu výživy
Fakultativně biotrofní saprotrofové (FBS)	Normálně saprotrofní se schopností biotrofního způsobu výživy
Fakultativně saprotrofní biotrofové (FSB)	Normálně biotrofní se schopností saprotrofního způsobu výživy

1. OBLIGÁTNÍ BIOTROFOVÉ

- Invaginace plasmalemy a následná perforace.
- Intracelulární penetrace pomocí haustorií
- Jádro napadené buňky je živé
- Hostitelé často reagují na napadení hypersenzitivní reakcí
- Ektoparazité (Erysiphales), endoparazité (Peronosporales)
- Častá je vysoká hostitelská specializace
- Velmi komplikovaná nebo úplně vyloučená možnost kultivace v axenické kultuře

Příklady:

Plasmodiophora brassicae (Nádorovka kapustová, Plasmodiophoromycota),
Synchytrium endobioticum (Rakovinovec bramborový, Chytridiomycota),
Peronosporales (nepravá padlí, Oomycota),
Erysiphales (Padlí, Ascomycotina),
Taphrinales (palcatky, Ascomycotina),
Uredinales (rzi, Basidiomycotina),
Ustilaginales, *Tilletiales* (sněti, Basidiomycotina)



Golovinomyces cichoracearum,
padlí čekankové

2. HEMIBIOTROFOVÉ

- Forma výživy mezi biotrofií a nekrotrofií
- Velmi omezená možnost saprotrofní výživy
- Možná kultivace v axenické kultuře

Příklady:

Venturia inaequalis (strupovitost jabloní, Ascomycotina)

Phytophthora infestans (plíseň bramborová, Oomycota)



Phytophthora infestans



Venturia inaequalis

<http://www.biolib.cz/IMG/GAL/3416.jpg>

3. FAKULTATIVNĚ SAPROTROFNÍ HEMIBIOTROFOVÉ

- Zpočátku biotrofní, pak přecházející na nekrotrofní způsob výživy a nakonec se může vyskytovat i saprotrofní fáze
- Je možné je kultivovat v axenické kultuře
- Vysoce specifičtí parazité
- Často se týká výskytu 2 různých forem patogena: monokaryotické mycelium (biotrofní fáze) a dikaryotické mycelium (saprotrofní fáze)

Crinipellis pernicios
(Basidiomycota, obligátní
parazit kaka



http://en.academic.ru/pictures/enwiki/67/Crinipellis_pernicios_mushroom.jpg

4. OBLIGÁTNÍ NEKROTROFOVÉ

- Nekrotrofní způsob výživy, rychlá destrukce hostitelských pletiv, nemožnost přežít jako saprotrofové
- Mohou přežít v mrtvých pletivech hostitele ve formě sklerocií, rhizomorf
- Široké spektrum hostitelů, způsobují choroby plodů, listů, stonků, kořenů
- Nejsou problémy s kultivací v axenické kultuře



Sclerotinia tuberosum
Hlízenka sasanková

Foto: M. Vašutová



Armillaria mellea, **Václavka obecná**
černé svazky rhizomorf

Foto: M. Sedlářová

5. FAKULTATIVNĚ SAPROTROFNÍ NEKROTROFOVÉ

6. FAKULTATIVNĚ NEKROTROFNÍ SAPROTROFOVÉ

- Jsou schopní saprotrofní i nekrotrofní výživy
- Saprotrofové při kontaktu s živým hostitelským pletivem se mění na nekrotrofy
- Nekrotrofové po vyčerpání živin jsou schopni dlouho přežít v saprotrofní fázi
- Mají široké spektrum hostitelů
- Není problém s jejich kultivací v axenické kultuře

Příklady: *Aspergillus*, *Penicillium*
(Ascomycotina)

Rhizopus (Zygomycotina)

Rhizoctonia, *Botrytis*
(Deuteromycotina)

Aspergillus spp.

Foto: M. Sedlářová



7. OBLIGÁTNÍ SAPROTROFOVÉ

- Žádná schopnost nekrotrofního nebo biotrofního způsobu výživy
- Mohou získávat živiny rozkladem jednoduchých cukrů, ale i složitějších látek (celulóza, chitin, keratin)



http://bioref.lastdragon.org/Onygenales/Onygena_equina.jpg

***Onygena equina* – kaziroh koňský**



<http://thailandwildlife.photoshelter.com/img/pixel.gif>

***Panaeolus* (kropenatec) na výkalu**

8. FAKULTATIVNĚ BIOTROFNÍ SAPROTROFOVÉ

9. FAKULTATIVNĚ SAPROTROFNÍ BIOTROFOVÉ

- V části svého života jsou schopni biotrofního způsobu výživy a v části saprotrofního způsobu výživy
- Často se týká výskytu 2 různých forem patogena: monokaryotické mycelium (saprotrofní fáze) a dikaryotické mycelium (biotrofní fáze)
- Vysoce specifictí parazité

Příklady:

Hemiascomycetes
Taphrinales (palcatky,
Ascomycotina),

Taphrina deformans

Kadeřavost listů
broskvoně

Foto: M. Sedlářová



OSMOTICKÝ TLAK

OSMOTOLERANTNÍ DRUHY – mohou tolerovat růst v prostředí s vysokou koncentrací solí nebo cukrů - někteří zástupci rodu *Penicillium* rostoucí na džemech nebo marmeládách

OSMOFILNÍ (HALOFILNÍ) DRUHY – potřebují k růstu vysokou koncentraci solí nebo cukrů - např. *Aspergillus glaucus*, některé kvasinky mohou růst v 50% roztoku cukrů.

Některé sloučeniny jako glycerol, trehalóza, arabitol a manitol mohou chránit buňku před osmotickým stresem.



Aspergillus glaucus

DOSTUPNOST KYSLÍKU

Na základě potřeb kyslíku pro růst se houby mohou rozdělovat na 4 kategorie

OBLIGÁTNÍ AEROBOVÉ – rostou pouze v aerobních podmínkách (většina)

FAKULTATIVNÍ AEROBOVÉ - rostou v aerobních podmínkách, ale dovedou růst také v podmínkách absence kyslíku, kdy jsou schopni fermentace cukrů (*Fusarium oxysporum*, *Mucor hiemalis*, *Aspergillus fumigatus*)

Mucor hiemalis – houba, která může způsobovat povrchové mykózy u lidí (vstupuje poraněními)



<http://www.mold-help.org/pages/images/Mucor-sp-1a-20xL.jpg>

OBLIGÁTNĚ FERMENTATIVNÍ DRUHY - chybí jim mitochondrie, a tak i když mohou růst v prostředí s kyslíkem nebo bez kyslíku, tak vždy získávají energii fermentací (někteří zástupci vodních Oomycota nebo Chytridiomycota)

OBLIGÁTNÍ ANAEROBOVÉ – jejich somatické buňky odumírají v prostředí, kde je kyslík (někteří zástupci Chytridiomycota, kteří rostou v trávicím traktu přežvýkavců)



Neocallimastix sp. rostoucí v trávicím traktu přežvýkavců

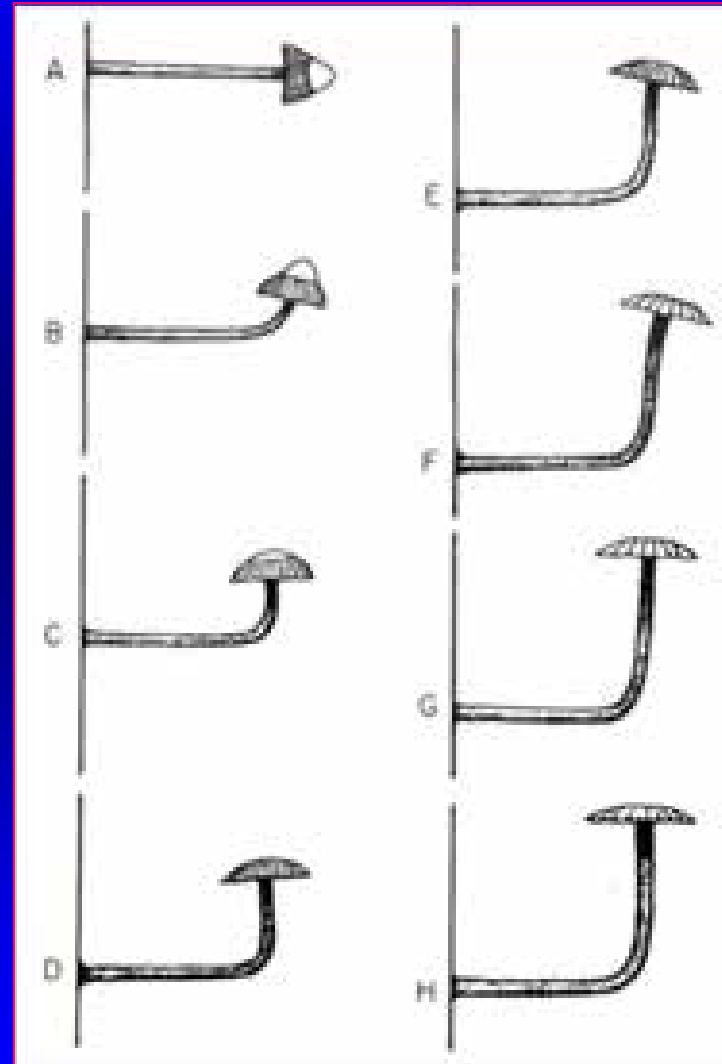
<http://grupthinkpro.s3.amazonaws.com/grupthinklive2efda88f6ac6e5be7abf5cf13f7e3e79>

TROPISMY A TAXE

TROPISMUS – směrovaný ohyb organismů na externí stimul

TAXE – pohyb z jednoho místa na druhé (zoosporami)

NEGATIVNÍ GEOTROPISMUS – růst ve směru proti působení zemské přitažlivosti – tak roste mnoho plodnic vyšších hub



Podle Kendrick, 2001

GRAVITROPISMUS (reakce na působení gravitace)

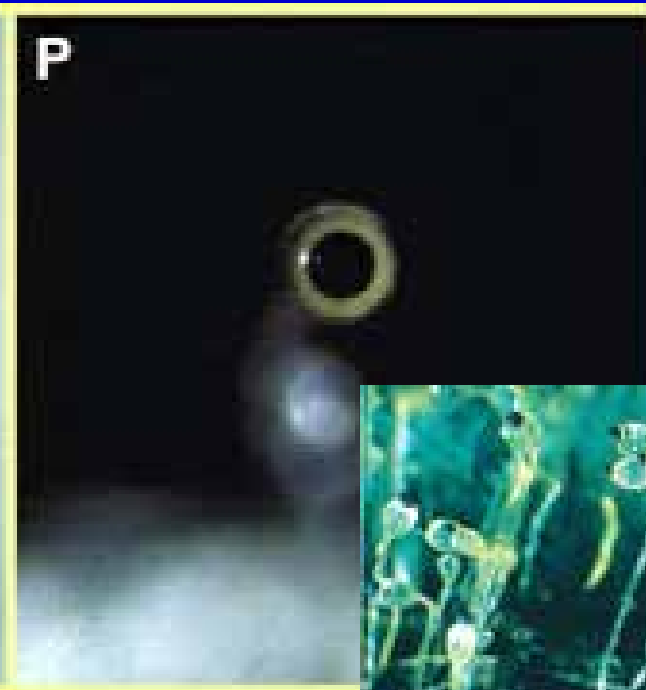
Experiment ukazující gravitropickou orientaci plodnic penízovky sametonohé (*Flammulina velutipes*) rostoucí v různých podmínkách gravitace.

Horní obrázek: plodnice rostoucí na zemi (vliv gravitace)

Spodní obrázek: plodnice rostoucí na oběžné dráze v kosmické stanici



POZITIVNÍ FOTOTROPISMUS – růst směrem ke světelnému zdroji (sporokarpy) – vyskytuje se např. u rodů *Pilobolus* (Zygomycotina), *Ascobolus*, *Sordaria* (Ascomycotina) a souvisí s výskytem fotoreceptorů



<http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/pilobol.jpg>



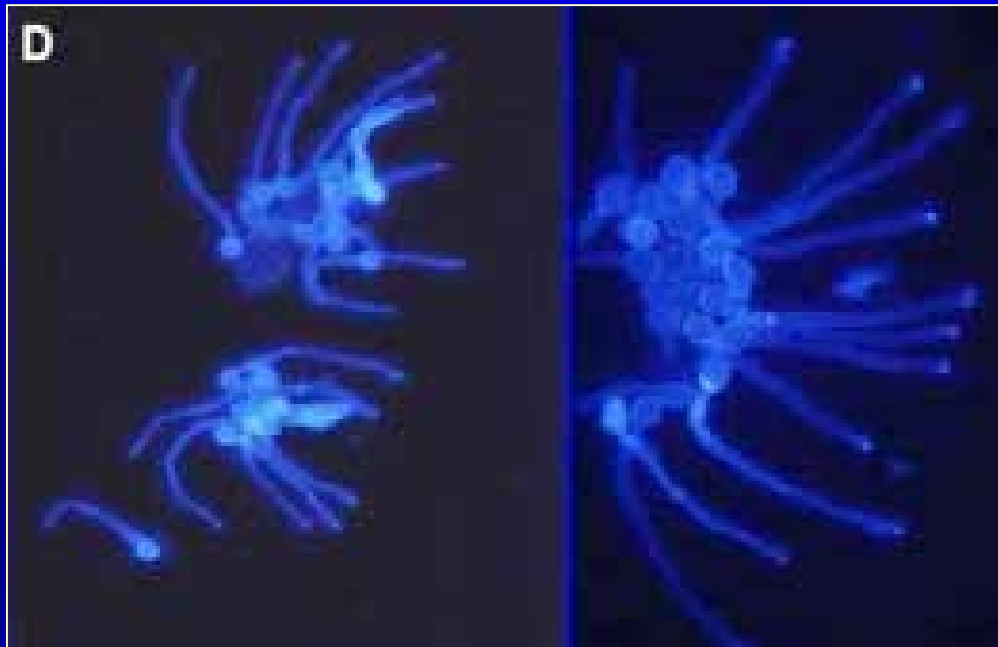
http://bio1151.nicerweb.com/Locked/media/ch31/31_13PilobolusSporangia.jpg

***Pilobolus* sp.**

<http://www.youtube.com/watch?v=4Up0QTODOA4>

Měchýřek na sporangioforu funguje jako čočka, která soustřeďuje světlo, obsahuje pigment (fotoreceptor), v důsledku zaznamenání intenzity světla se otáčí sporangiofor ke světlu

POZITIVNÍ CHEMOTROPISMUS – růst směrem k vyšší koncentraci živin

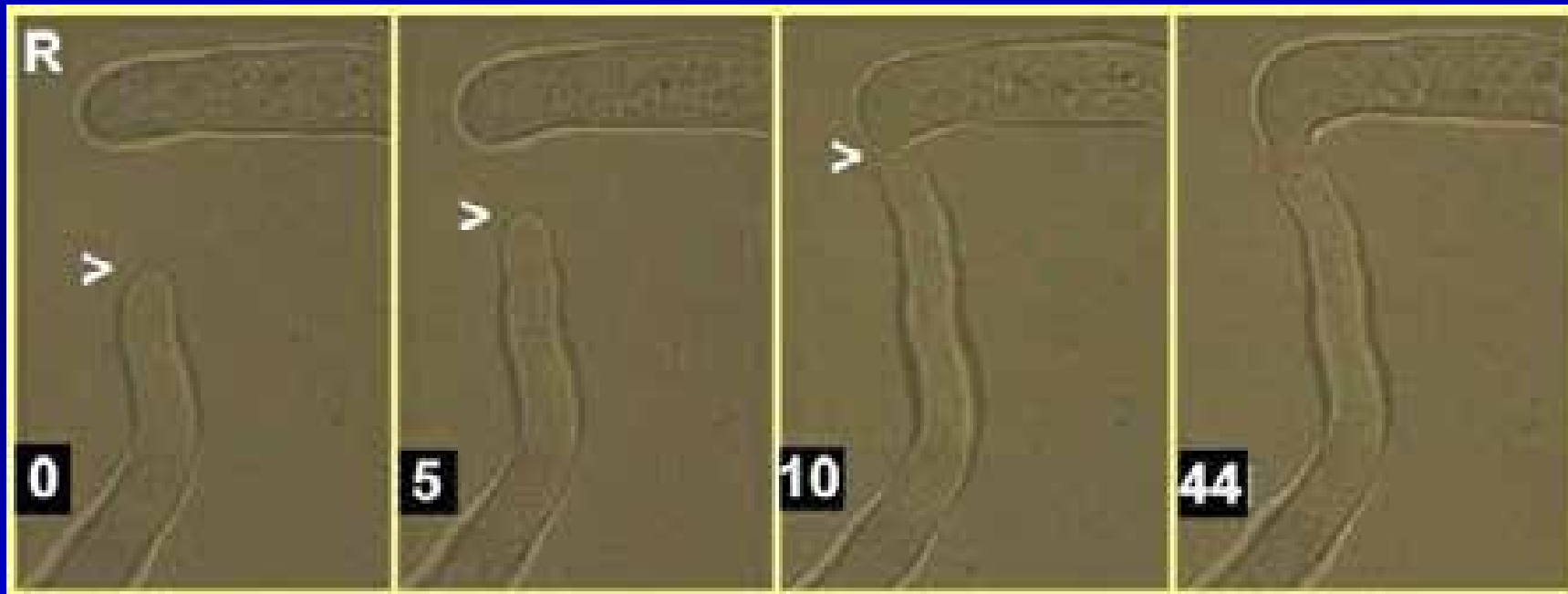


<http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/germ2.jpg>

Klíční vlákna houby *Pythium aphanidermatum* – zpočátku klíční vlákna rostla všemi směry, pak ale došlo k reorientaci a růstu směrem k místu s vyšší koncentrací živin

SEXUÁLNÍ TROPISMUS

Pohyb hyf houby nebo změna orientace růstu hyfy směrem k druhé kompatibilní hyfě – patrně hormonální přitahování



<http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/anastom3.jpg>

Stadia vytváření anastomóz u houby *Rhizoctonia solani*.

NEGATIVNÍ CHEMITROPISMUS - růst pryč od prostředí s příliš velkou koncentrací látek

POZITIVNÍ HYDROTROPISMUS - růst směrem k místům s vyšší koncentrací (dostupností) vody

Podobné jevy se vyskytují i u pohybu zoospor

FOTOTAXE - pohyb směrem ke zdroji světla

CHEMOTAXE - pohyb směrem k vyšší koncentraci živin

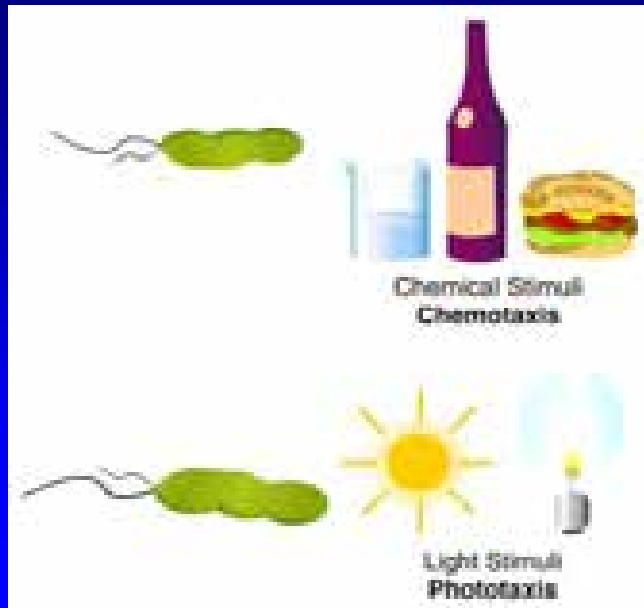


Schéma ukazující chemotaxi a fototaxi

<http://2.bp.blogspot.com/-hZeCz7kKFZw/UBfHE40ZjHI/AAAAAAAAAPw/ec3xFFkmT3Q/s320/flagella.png>

MORFOLOGIE PLODNIC BASIDIOMYCOTINA

Hymenium – výtrusorodá vrstva

Basidie vyrůstají ze subhymenia a to vyrůstá na tramě (generativní hyfy, skeletové a vazbové)

Basidie – fragmobasidie, holobasidie

Gastroidní basidiospóry: uvolňují se pasivně (ř. Geastrales)

Hymenomycetoidní basidiospóry: jsou aktivně odmršťovány

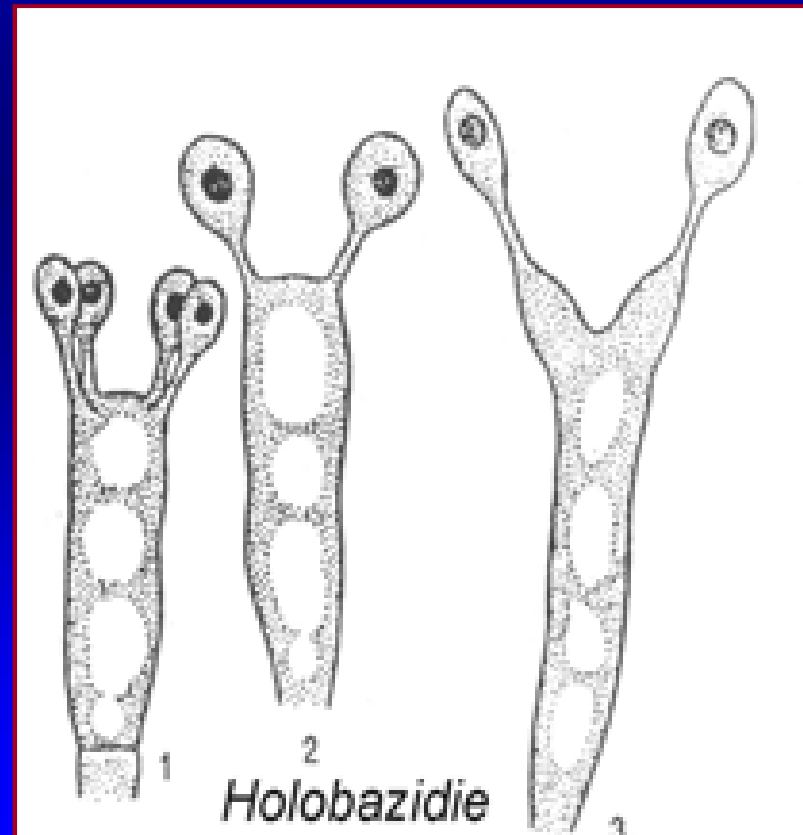
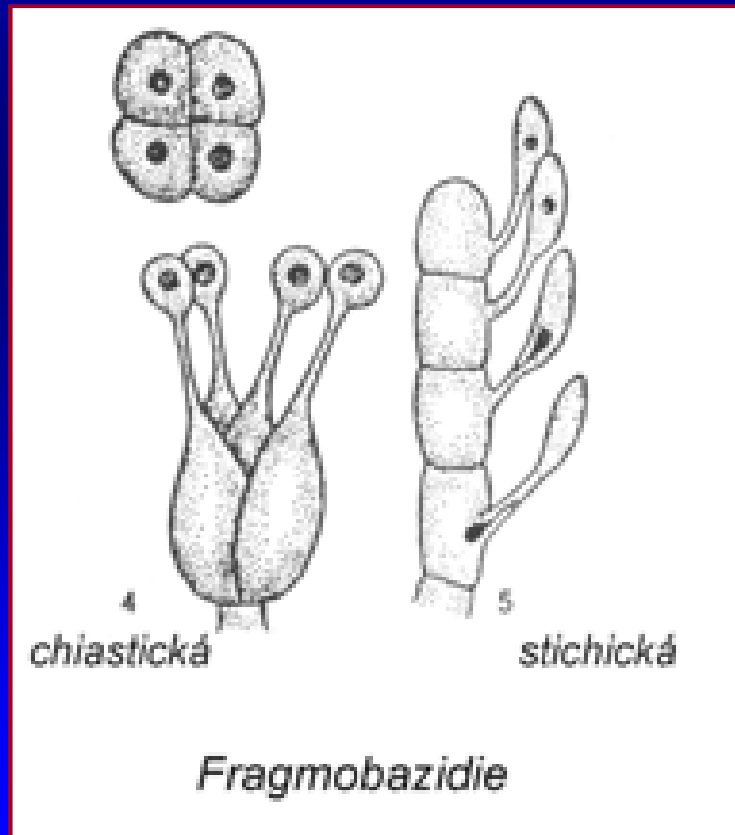
Cystidy – různé typy

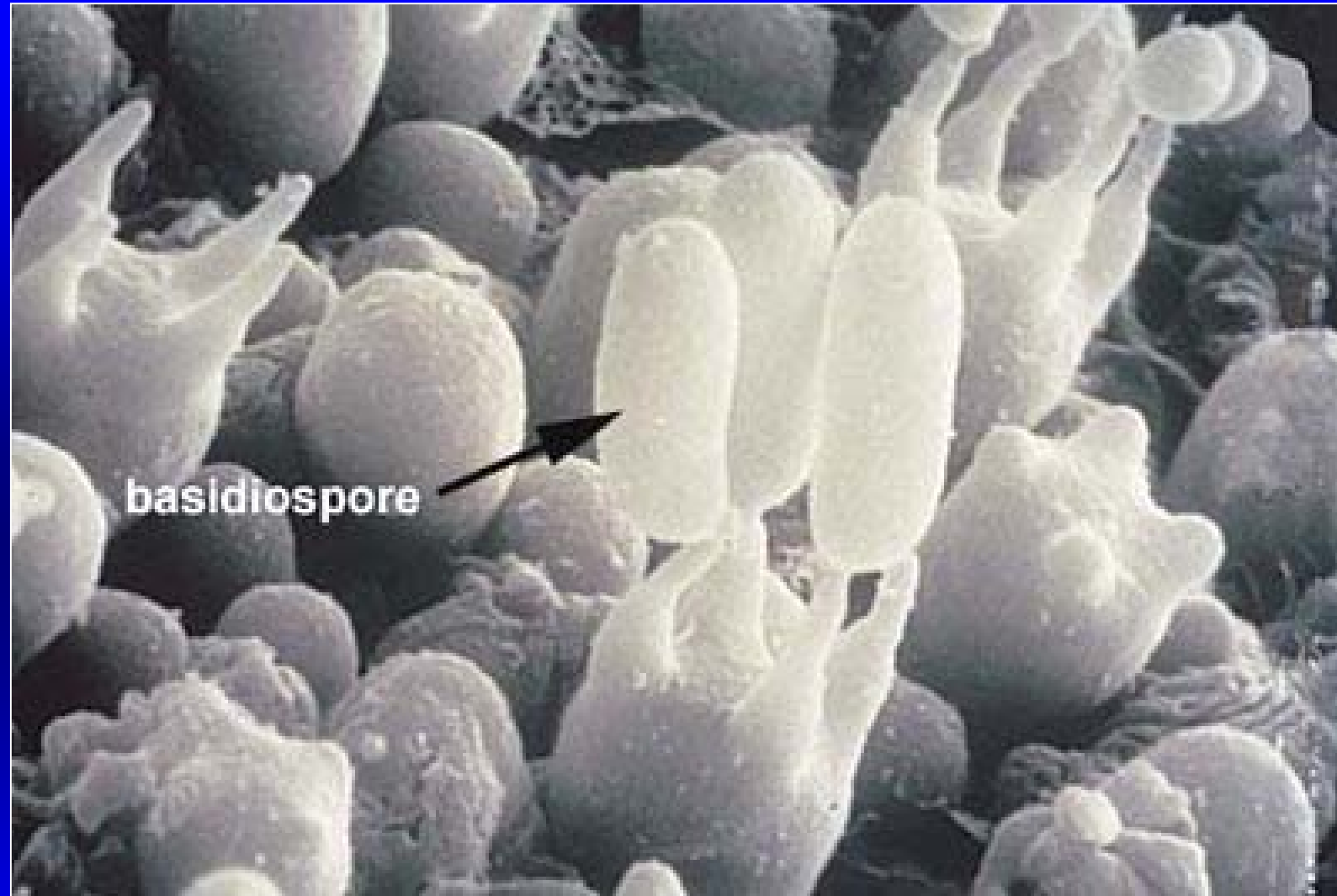
Trama – dužnina

HYMENIUM BASIDIOMYCOTA

Basidie – fragmobasidie, holobasidie

Basidiospory se sterigmaty





<http://www.apsnet.org/edcenter/illglossary/Article%20images/basidiospore.jpg>

ANATOMIE PLODNIC HOMOBASIDIOMYCETIDAE

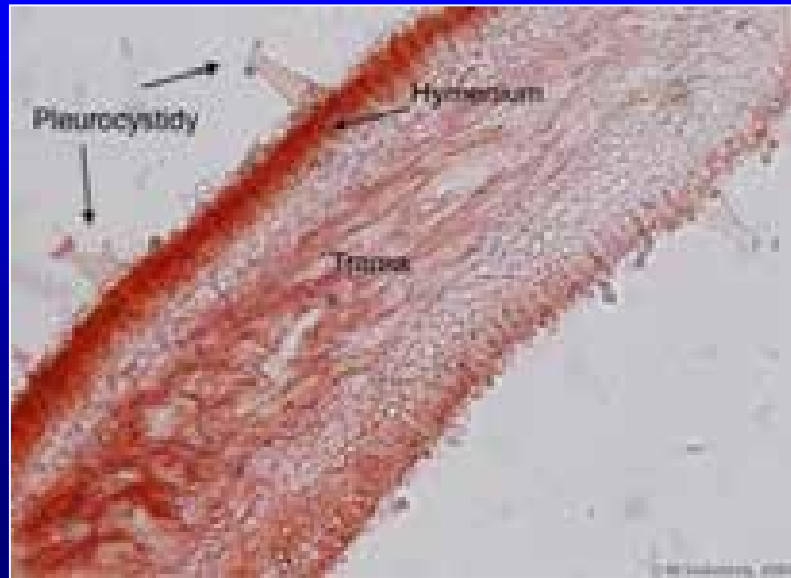


Foto vše: M. Vašutová

Pluteus sp. - trama,
hymenium, a cystidy

**CYSTIDY – sekreční funkce
(terpeny, silice), vyskytují
se v hymeniu, v epidermis
klobouku a třeně**

Lactarius volemus
(Ryzec syrovinka)

**LACTIFERY
(Mléčnice)**

**Vylučují latex (r.
Lactarius, Ryzec)**

**Prázdňé (r. *Russula*,
Holubinka)**

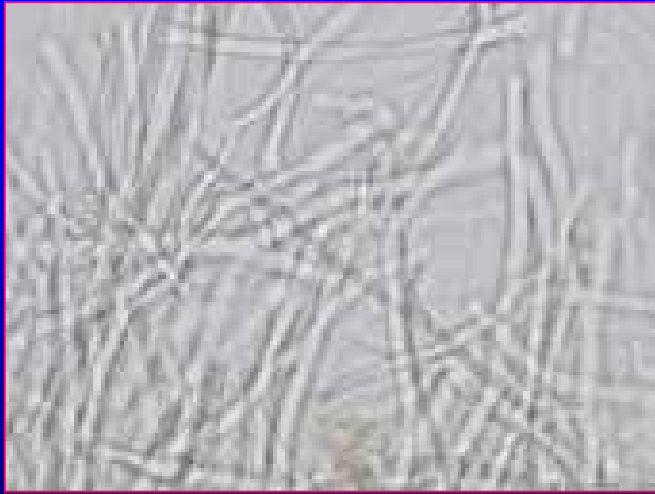
Trama je tvořena plektenchymatickými pletivy na jejichž tvorbě se podílí tři typy hyf.

Generativní hyfy: septované, mají přezky, stěny hyfy jsou tenké nebo sklerotizované, jsou obsažené ve všech basidiokarpech, produkují basidie

Vegetativní hyfy: nemají septa a rozlišujeme dva druhy

A-skeletové: nevětvené, neomezený růst, pevná stěna,

B- vazbové hyfy: větvené a sinusoidní, stěna tenká nebo zesílená, růst někdy omezený



Generativní hyfy



Vazbové hyfy



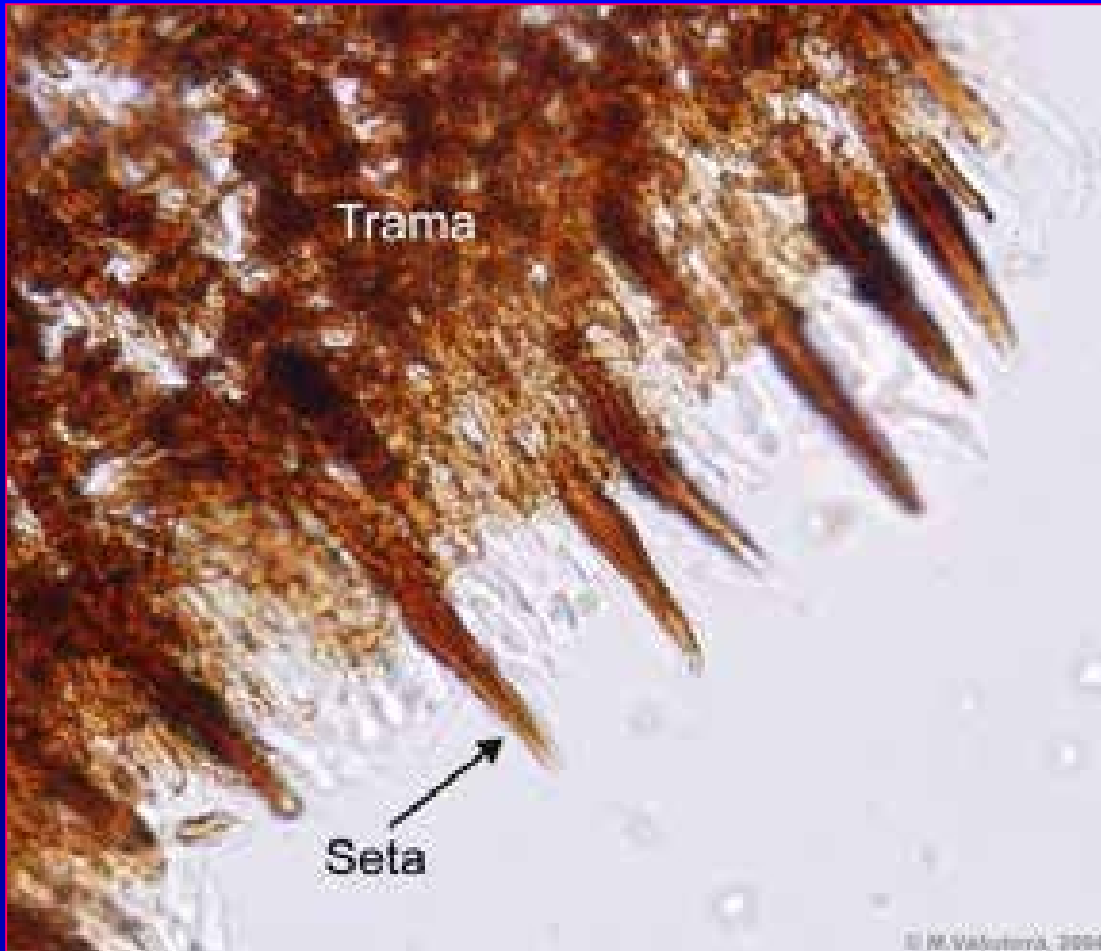
Skeletové hyfy

Monomitický systém hyf (Pouze generativní hyfy)

Dimitický systém hyf (generativní a skeletové hyfy)

Amfimitický systém hyf (generativní a vazbové hyfy)

Trimitický systém hyf (generativní, skeletové a vazbové hyfy)



Seta u čeledi *Hymenochaete*

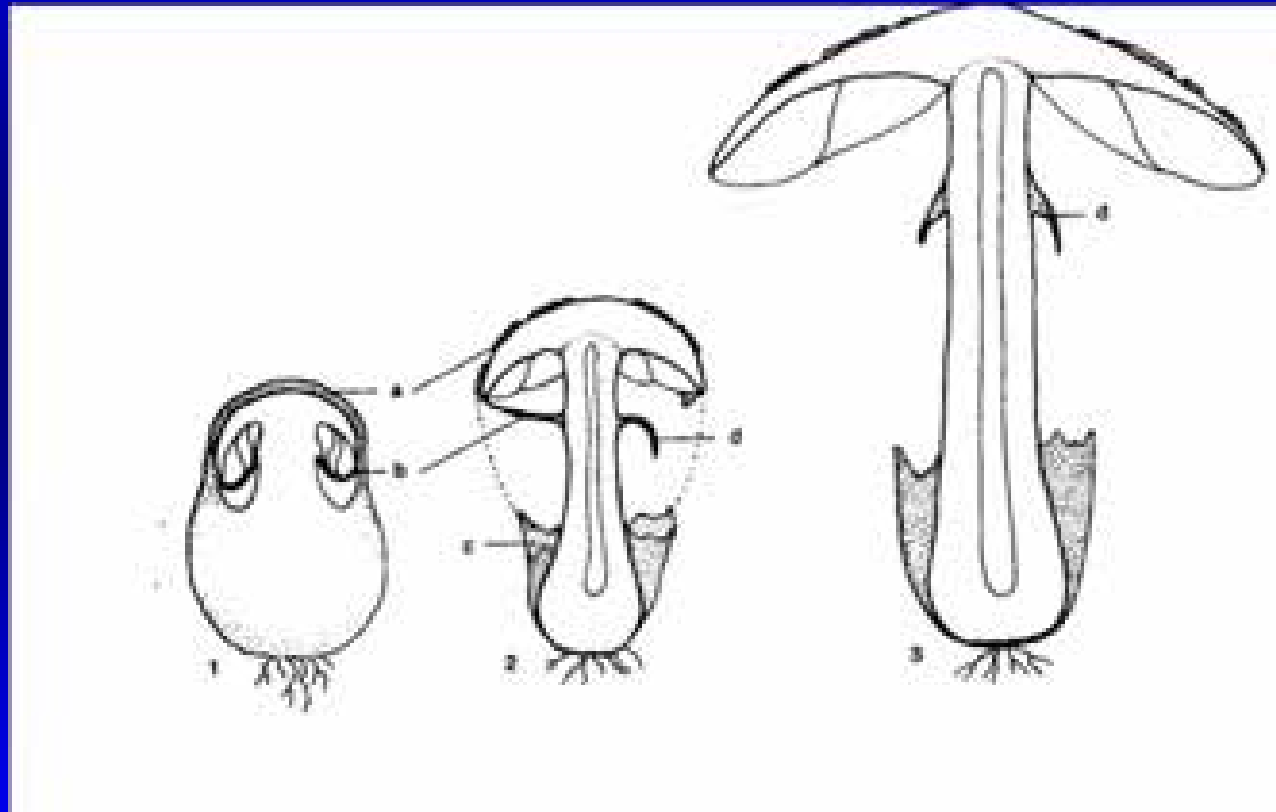
Foto vše: M. Vašutová



VÝVOJ PLODNIC

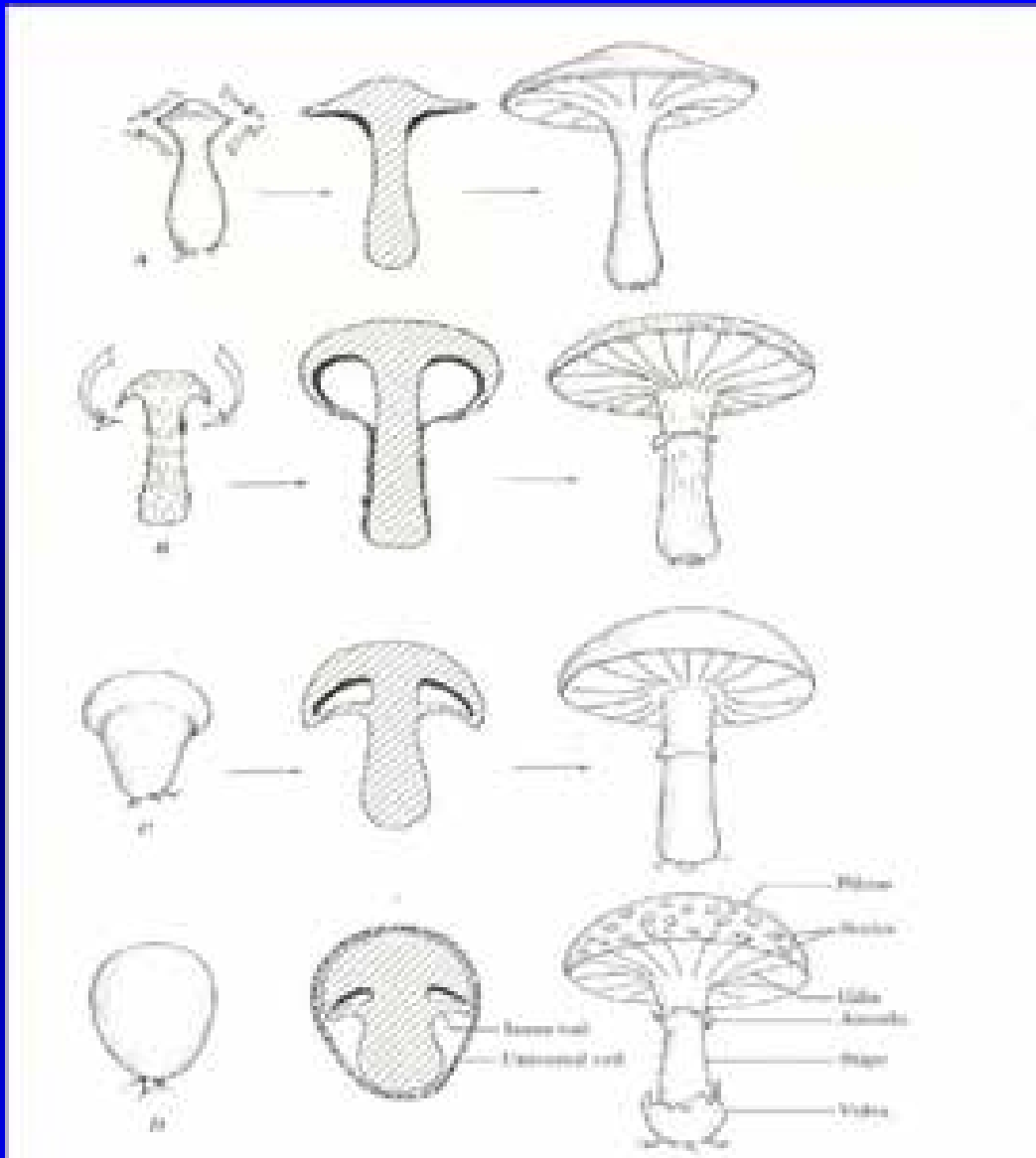
Iniciace – tvorba primordií jako následek změn ve vegetativním myceliu a podmínek prostředí

Diferenciace – tvorba reprodukčních struktur



Vývoj plodnice *Amanita phalloides*

A – velum universale, B – velum parziale, C – vagina, D - annulus



**Gymnokarpní vývoj
plodnice**

**Hemiangiokarpní vývoj
plodnice**

**Vnitřní velum – velum
partiale**

**Hemiangiokarpní vývoj
Velum universale
Velum partiale**

Deacon, 2005

Obaly: VELUM (plachetka) (Agaricales)

- VELUM UNIVERSALE –pochva na bázi třeně a bradavky na klobouku
- VELUM PARTIALE – prstenec na třeni nebo pavučina (kortina) na klobouku

Angiokarpní vývoj plodnice



***Geastrum fimbriatum* hvězdovka**

<http://www.naturfoto.cz/fotografie/maly/hvezdovka-brvita-xxx1092.jpg>

<http://www.youtube.com/watch?v=X77ae6xhK3s>

Klíčení spor *Aspergillus* spp.

DORMANCE

K dormanci dochází pokud spory neklíčí okamžitě po uvolnění

Endogenní (konstitutivní) dormance - je dána geneticky, spora vyklíčí až po projití jistým obdobím „stárnutí- zrání“. Prakticky to znamená přítomnost určitého metabolického bloku nebo inhibitoru, popř. bariéry v příjmu vody a živin, které se v průběhu zrání odbourávají. Tento způsob dormance je určen k zabránění klíčení spor ve velkých hustotách. Klíčení některých druhů spor může být spuštěna pomocí teplotních šoku, chladového šoku (heat shock, cold shock) a za použití tukových rozpouštědel.

Exogenní (indukovaná) dormance - se vyskytuje za nepříznivých podmínek pro klíčení spory (teplota, pH, vlhkost), a ihned po nalezení vhodných podmínek, spora může vyklíčit. Mezi exogenní a endogenní dormancí není ostrá hranice, v řadě případů se pravděpodobně kombinují obojí vlivy

Během dormance jsou v drobné míře využívány zásobní tuky.

Fungistáze – inhibice klíčení hub metabolity jiných mikroorganismů. Spora vyklíčí až při nižší aktivitě mikrobů, kdy má vhodnější podmínky, a o živiny nemusí bojovat s jinými mikroorganismy

DORMANCE II.

Přehled znaků exogenní a endogenní dormance

Exogenní dormance :

Roznášeny pryč z místa uvolnění

Malé a s tenkými buněčnými stěnami

Přežívají krátkou dobu

Klíčí snadno ve vhodných podmínkách

Endogenní dormance :

Zůstávají na místě uvolnění

Velké a se silnými buněčnými stěnami

Přežívají dlouhou dobu

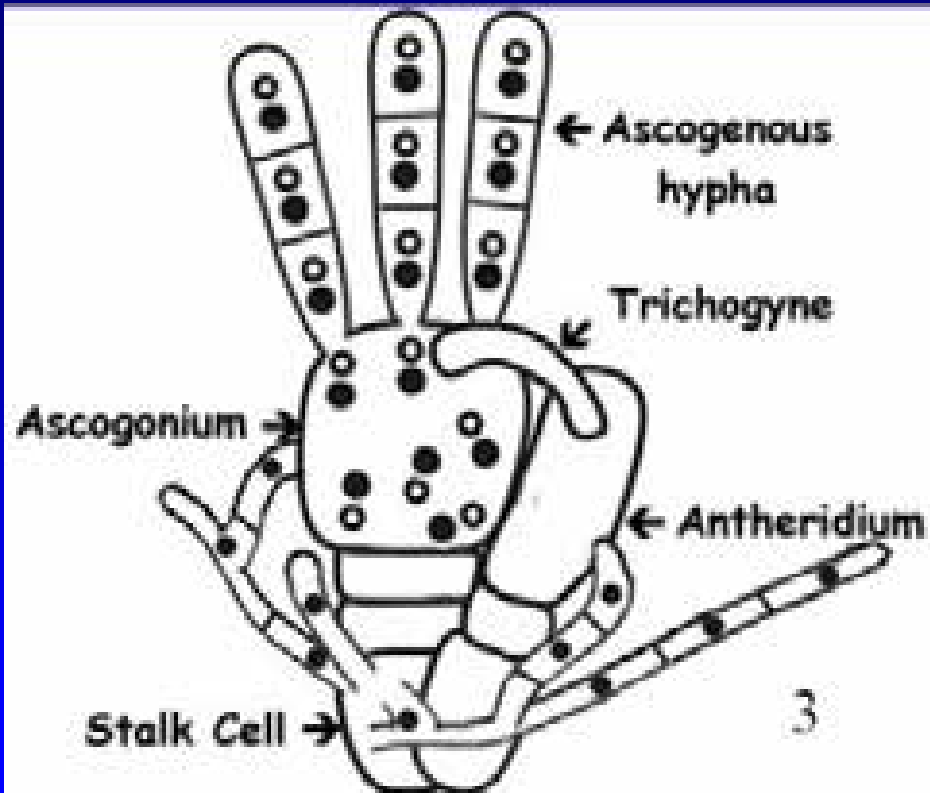
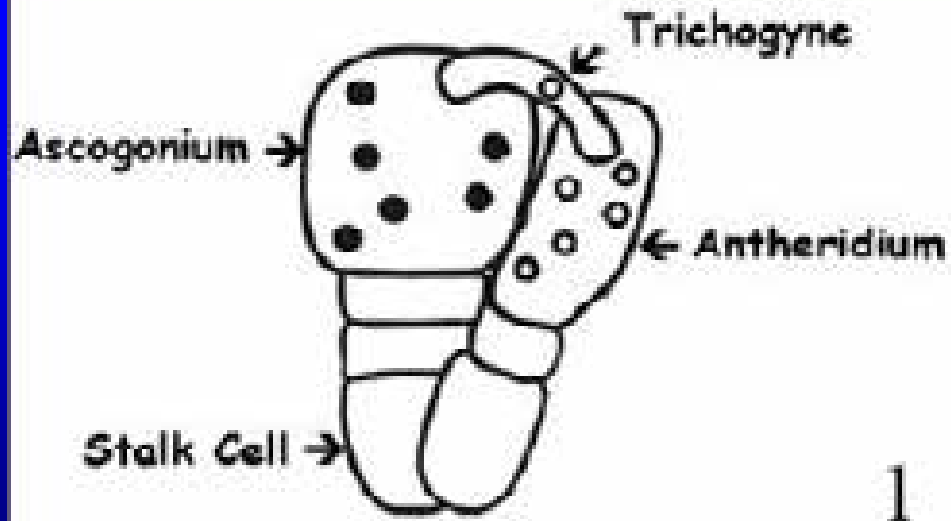
Klíčí po specifickém stimulu nebo po odstranění inhibitoru

<https://www.youtube.com/watch?v=M-dDUB5mnko>

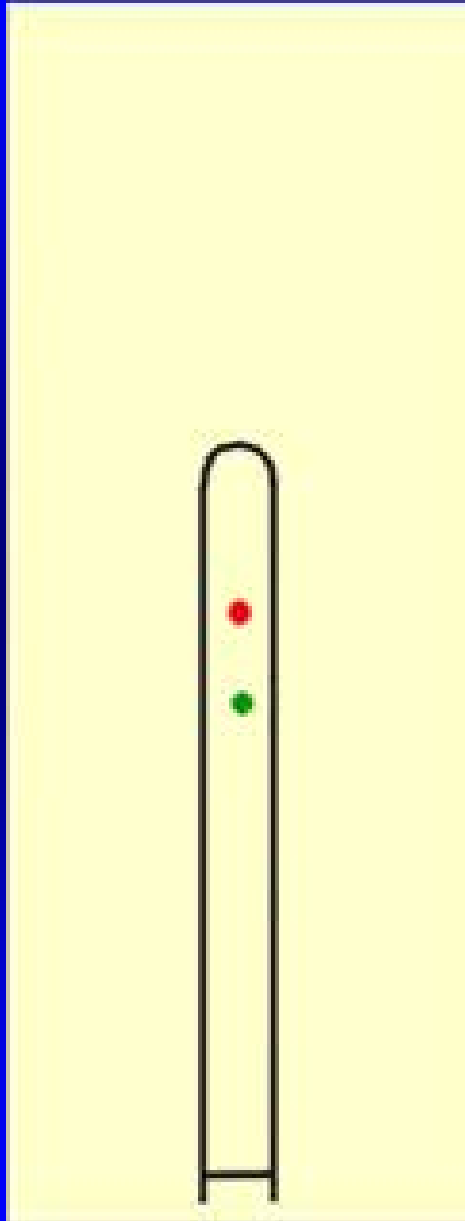
Životní cyklus Mucor

POHLAVNÍ ROZMNOŽOVÁNÍ U ASCOMYCOTA

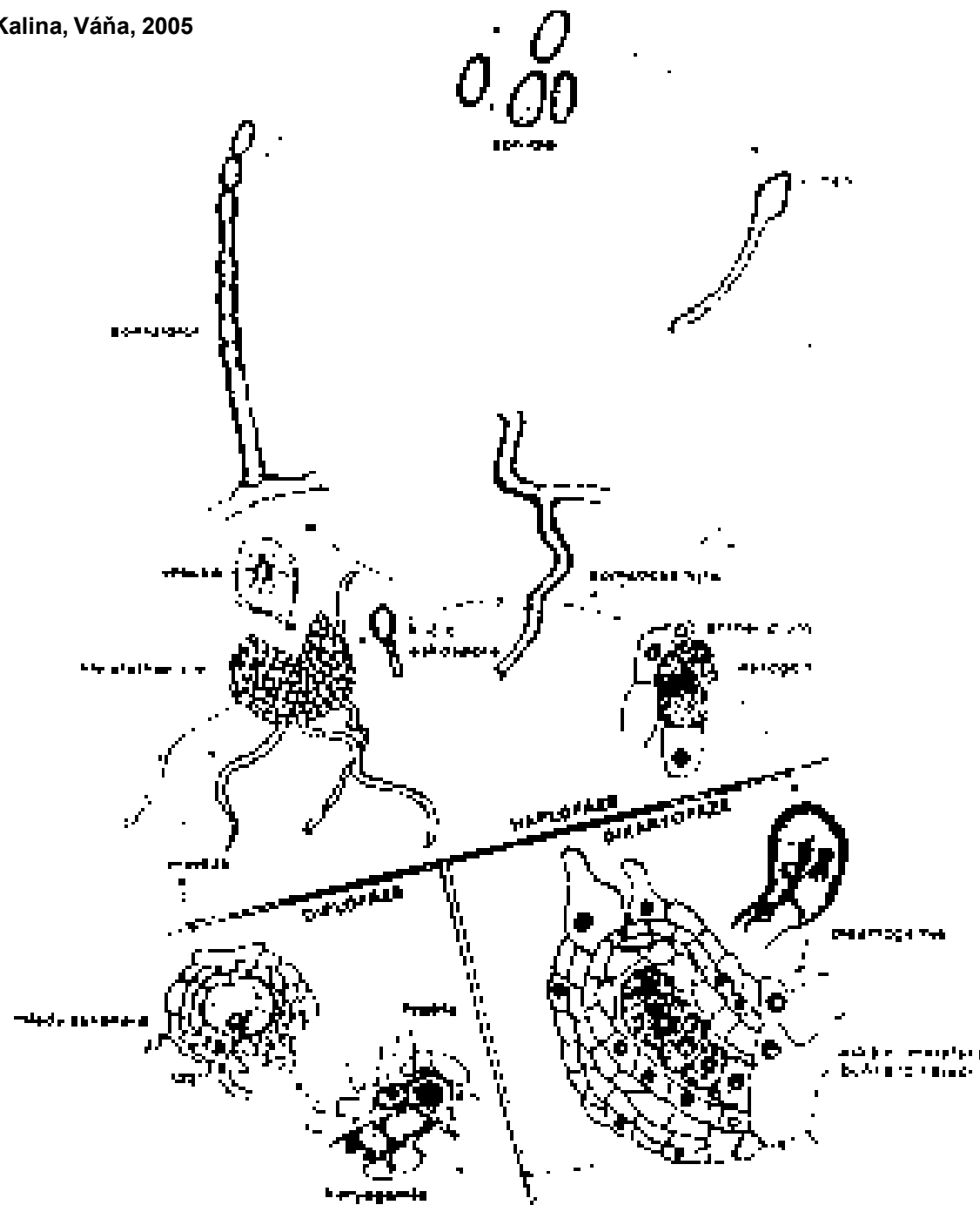
- Zde se vyskytují specializované orgány (gametangia): (askogon s trichogynem (♀) a antheridium (♂)), které spolu fúzí a vytváří dikaryotické mycelium (Gametangiogamie)
- Podobně může docházet k fúzi askogonu (♀) a spermacií tvořených ve spermogoniích (gameto-gametangiogamie)
- U většiny askomycet se vyskytuje dikaryofáze, a vznikají dikaryotické hyfy (askogenní hyfy)
- Jádra v koncových buňkách (mladé vřecko) fúzí a vytvářejí diploidní buňku
- Diploidní jádro podstupuje meiózu a následnou mitózu a výsledkem je produkce 8 askospor
- Vřecka jsou většinou seskupena v různé typy plodnic (kleistothecia, perithecia, apothecia, pseudothecia)
- U kvasinek může docházet k haplobiotickému cyklu, diplobiotickému cyklu a haplo-diplobiotickému cyklu



Růst a vývoj vřecka

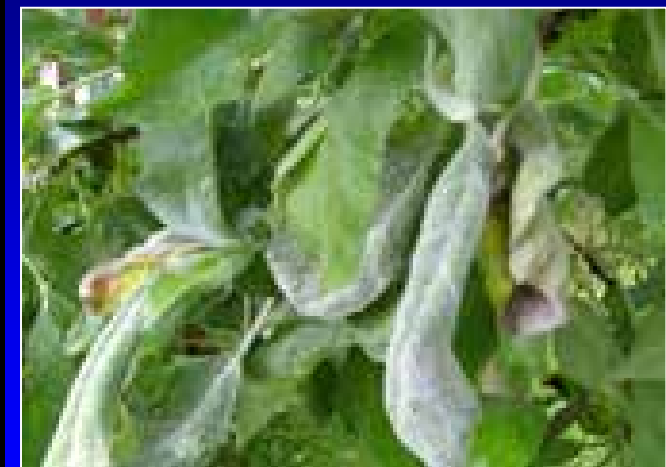


<http://website.nbm-mnb.ca/mycologywebpages/NaturalHistoryOfFungi/illustrations/AscusDev.gif>



Životní cyklus *Podosphaera leucotricha*

Pododd.:
Ascomycota



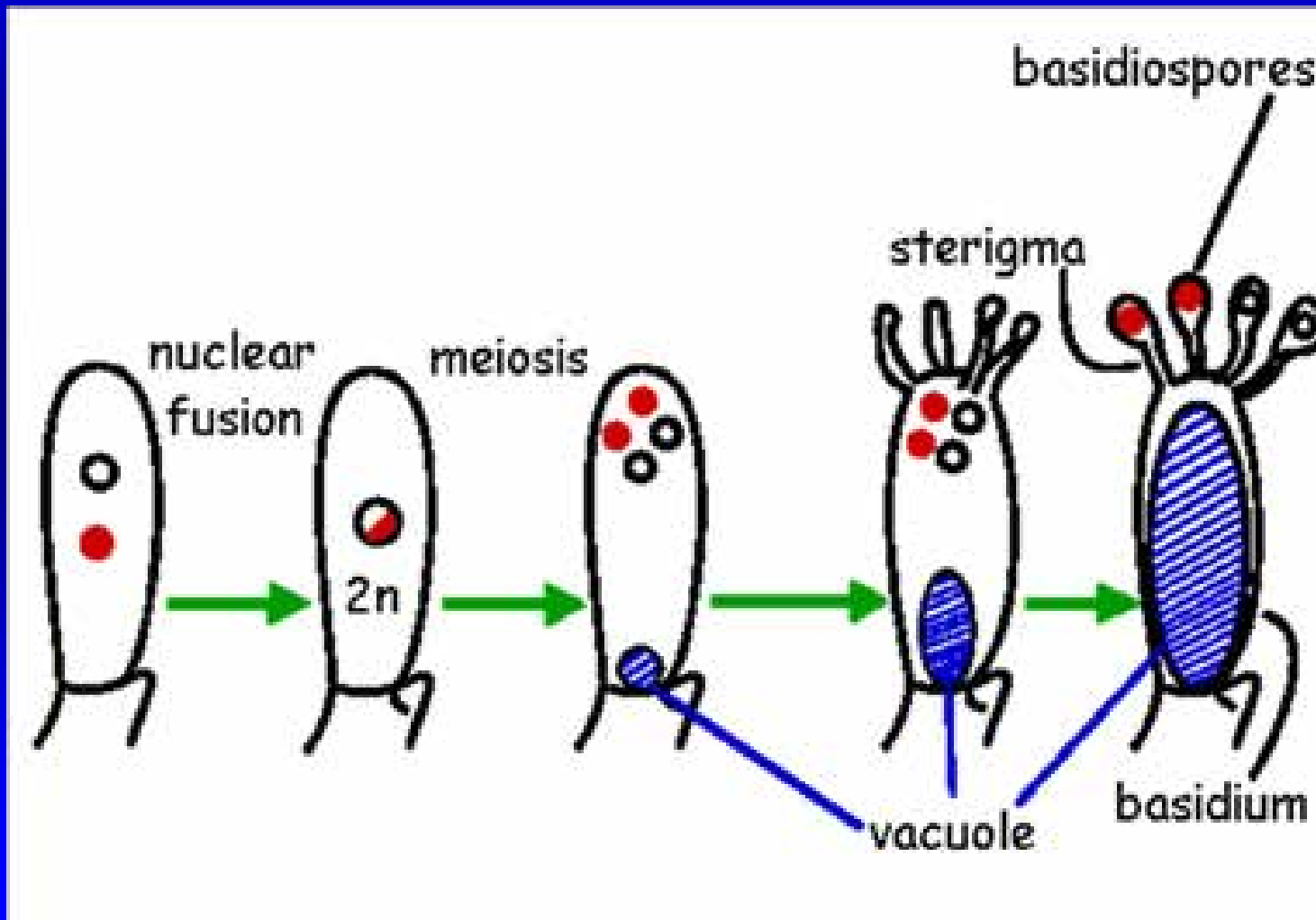
<https://www.youtube.com/watch?v=odokxoS8pXo>

Ascomycota reproduction

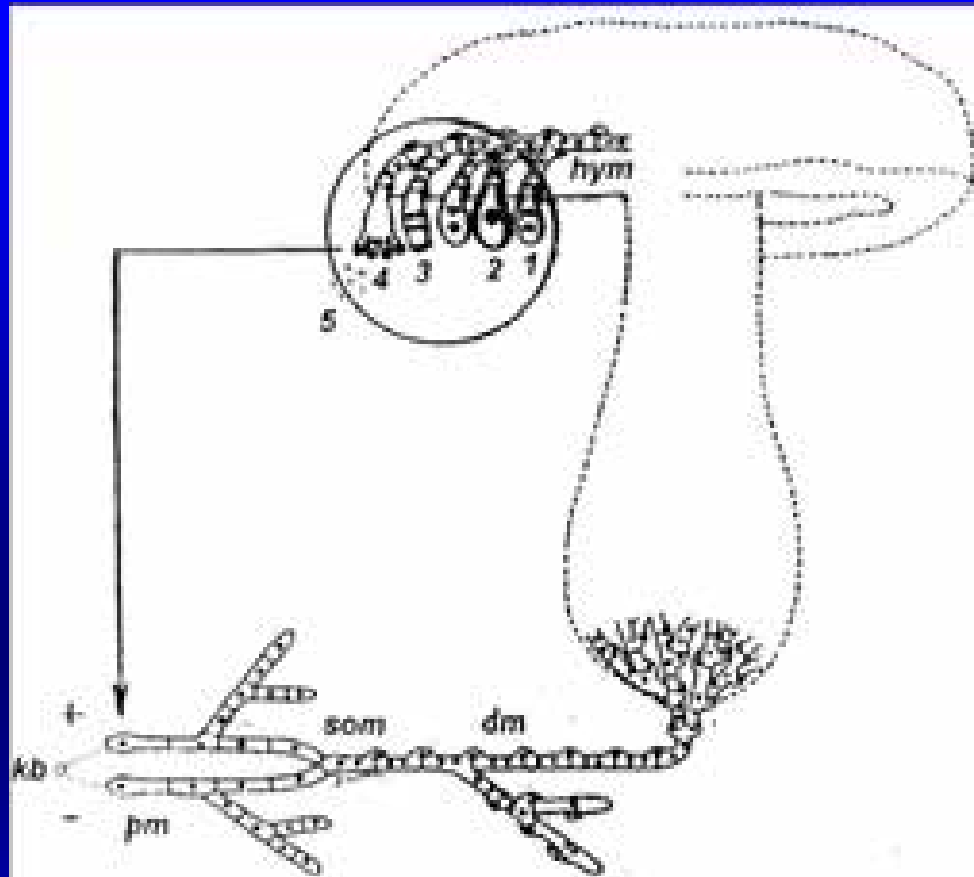
POHLAVNÍ ROZMNOŽOVÁNÍ U BASIDIOMYCOTA

- Dochází ke kontaktu 2 kompatibilních somatických mycelií a k plasmogamii (somatogamie)
- Výsledkem je vznik dikaryonu a růstu dikaryotického mycelia
- Podmínky prostředí spouštějí tvorbu primordia plodnice
- Primordium roste a dává vznik dospělé plodnici
- Mycelium uvnitř plodnice je stále dikaryontní, jediná diploidní buňka je mladá basidie v hymeniu
- Uvnitř mladé basidie dochází k meióze, a haploidní basidiospory (obvykle 4) jsou protlačeny skrze sterigmata.

Karyogamie, meióza a tvorba basidiospor u Basidiomycota



Životní cyklus zástupce Basidiomycotina



Obr. 1: Basidiomycetes - Životní cyklus.

kb - kůňci basidiospora

pm - prvotní monokaryotní mycelium

som - sekundární mycelium dvou kompatibilních primárních mycelií

dm - dítřetní dikaryotní mycelium s plíškami

hym - hymenium

1 - mládě dikaryotická basidie

2 - karyogamie

3 - meióza

4 - tvorba sterigmata a basidiosper

5 - vznášející se basidiospora

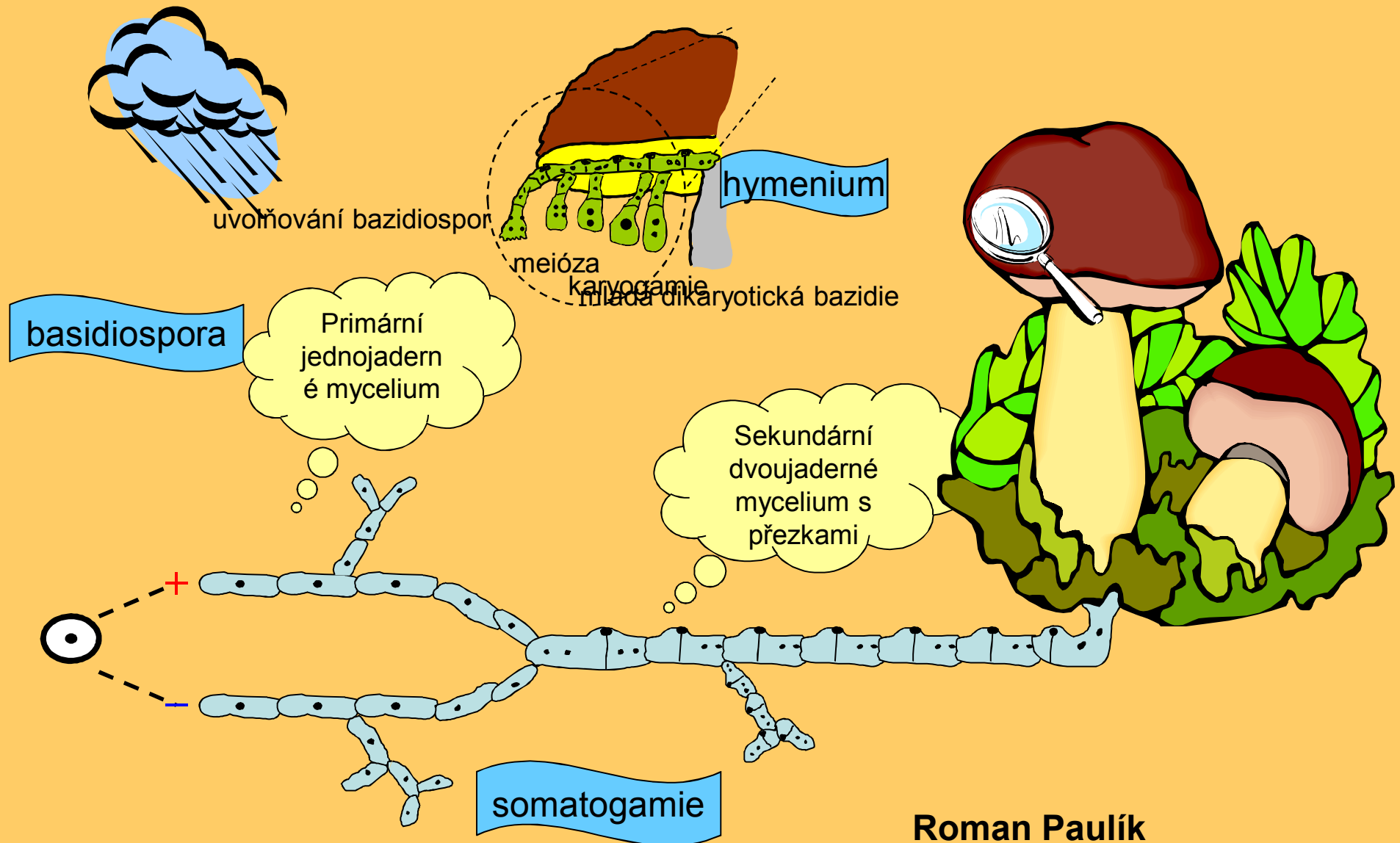


http://www.fungikingdom.net/Media/boletus_edulis_02480_med.jpeg

<http://www.youtube.com/watch?v=qDwgSWDqKoQ>

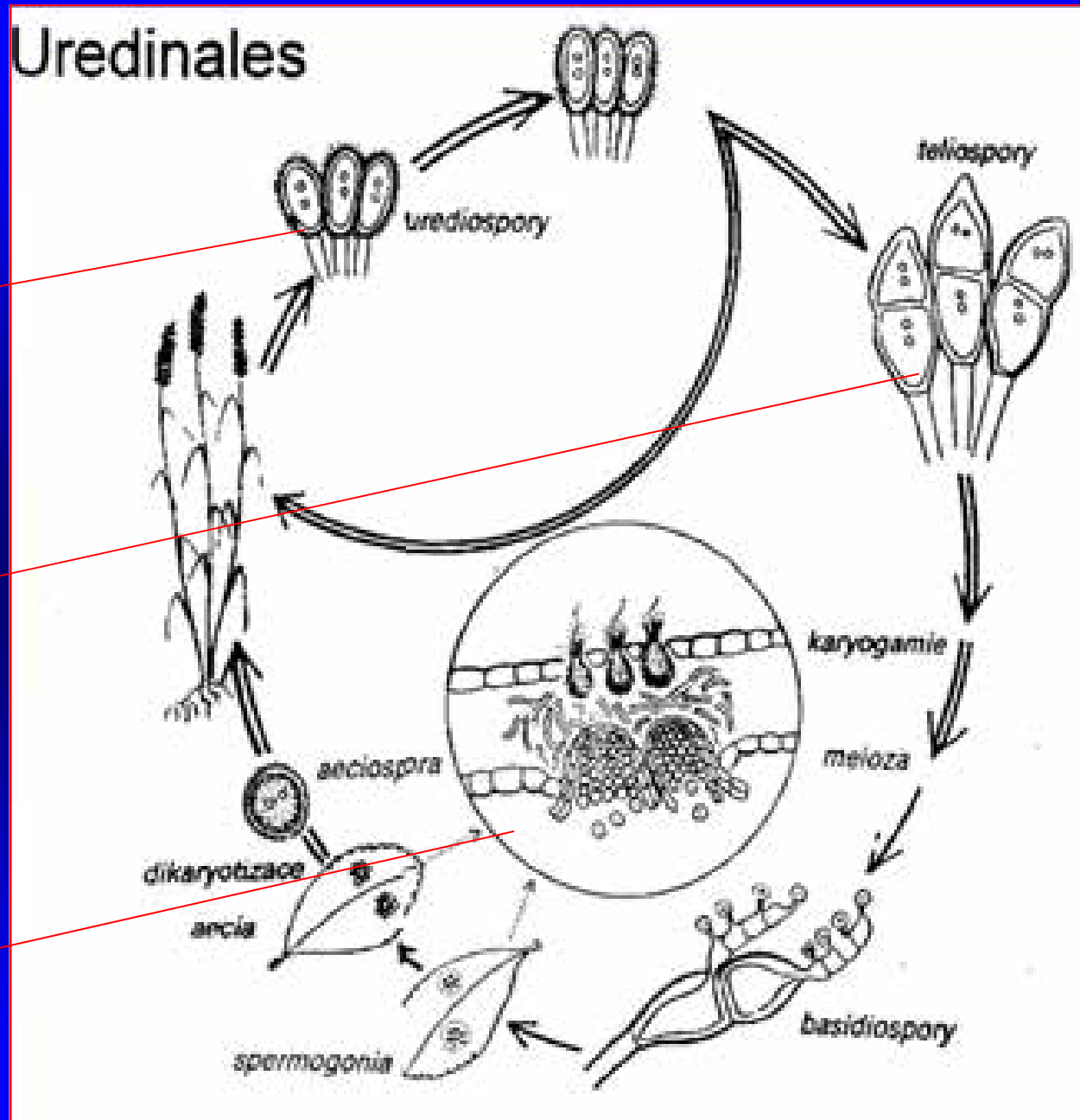
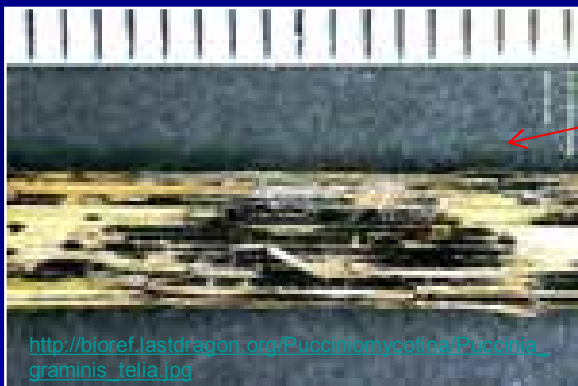
Basidiomycetes

Pohlavní rozmnožování stopkovýtřusých hub



Roman Paulík

Životní cyklus rzi travní



Podle Urban a Kalina, 1980



Spermogonie se spermaciemi
a receptivní hyfou
(gameto-somatogamie)

Aecia s aeciosporami

http://www.botany.hawaii.edu/faculty/wong/Bot201/Basidiomycota/Uredinomyces/aec_sper.jpg

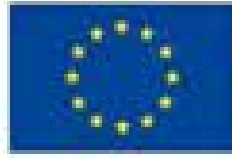
<http://www.youtube.com/watch?v=72ufVf04cuU&NR=1>

Životní cyklus rzi

<http://www.youtube.com/watch?v=AeuP5IYP5HA>



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

OBECNÁ MYKOLOGIE

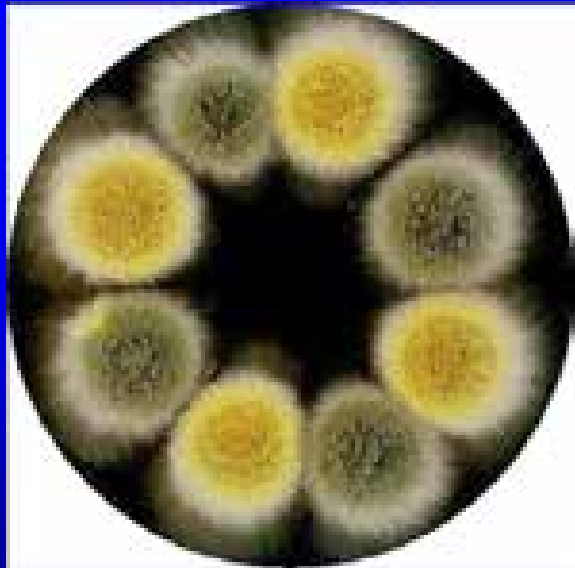


**Modifikace profilu absolventa biologických studijních
oborů na PŘF UP: rozšíření praktické výuky a
molekulárních, evolučních a cytogenetických oborů**

Registrační číslo: CZ.1.07/2.2.00/28.0158

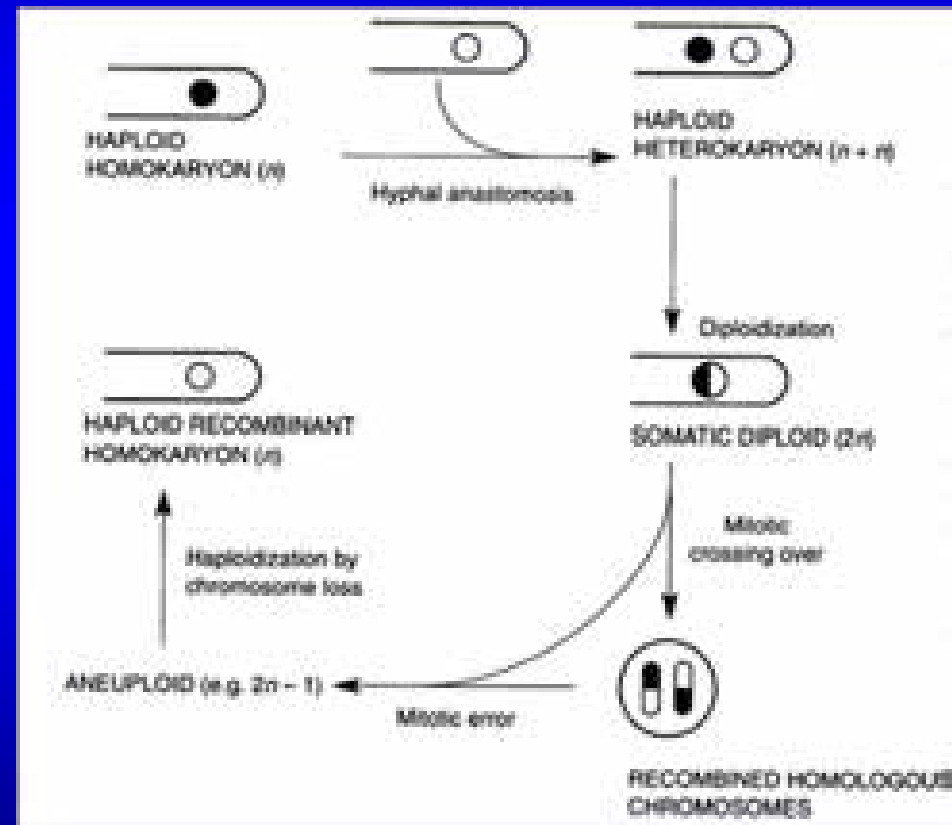
6. Přednáška – Genetika a genetická variabilita hub

- Struktura a organizace houbového genomu
- Zdroje genetické variability hub
- Parasexualita
- Pohlavní variabilita
- Houby jako modelové organismy
- Genetika a fytopatologie



Modelový organismus
Aspergillus nidulans

<http://www.fgsc.net/homepageimages/image4.jpg>



Fáze parasexuálního cyklu

Deacon, 2005

GENETIKA A GENETICKÁ VARIABILITA HUB

STRUKTURA A ORGANIZACE HOUBOVÉHO GENOMU

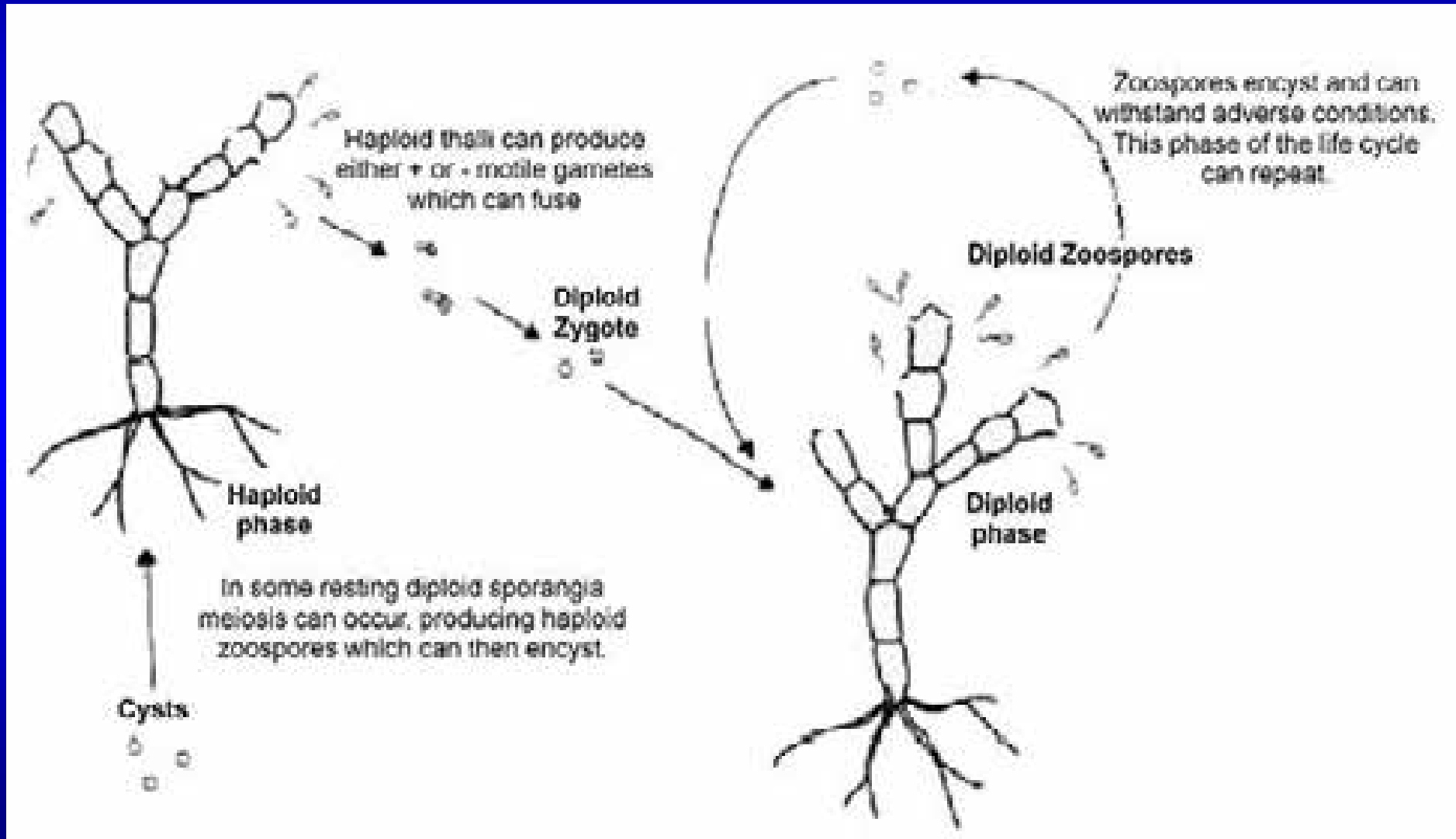
Houbový genom má 4 komponenty

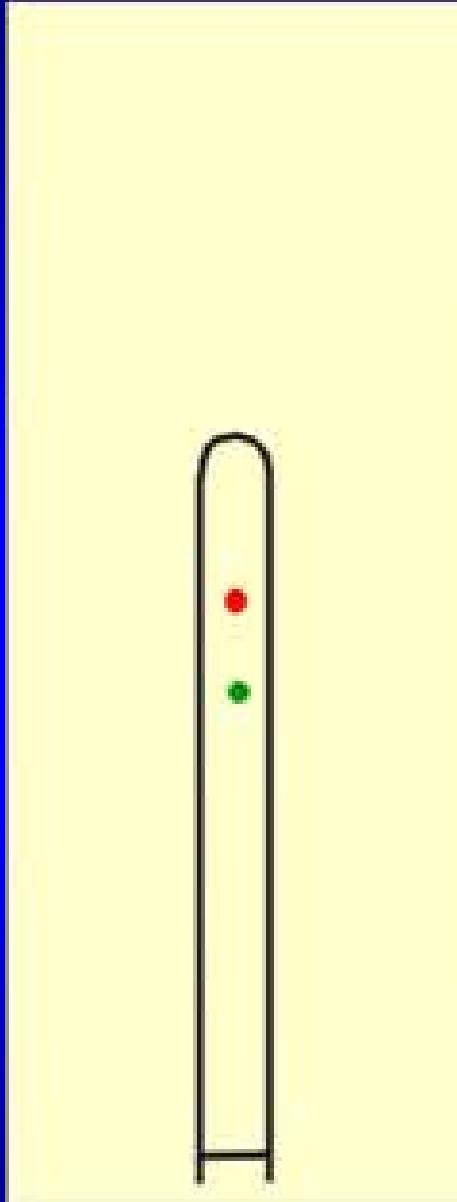
- **Jaderná DNA**
- **Mitochondriální DNA**
- **Plasmidy**
- **Geny houbových virů**

JADERNÁ DNA

- **Tvoří CHROMOZÓMY – v různém počtu a různé ploidii (počet jednotlivých sádek chromozómů).**
- **Eukaryotické rostliny a živočichové jsou SOMATIČTÍ DIPLOIDI.**
- **Vegetativní hyfy většiny hub jsou HAPLOIDNÍ (všichni zástupci Zygomycota, Ascomycota a většina Deuteromycota mají prodlouženou a dominantní vegetativní haplofázi).**
- **U Oomycota jsou DIPLOIDIE a POLYPLOIDIE běžné.**
- **Některé kvasinky jsou převážně DIPLOIDNÍ.**
- **Několik hub může alternovat mezi haploidní a diploidní somatickou fází (Chytridiomycota, tzv. RODOZMĚNA)**
- **Část životního cyklu některých hub (Ascomycota, Basidiomycota) je DIKARYOTICKÁ – 2 kompatibilní jádra tvoří pár - DIKARYON. To znamená, že karyogamie nenásleduje okamžitě po plasmogamii. Způsob života hub v jejich monokaryotické a dikaryotické fázi se může lišit (př. *Taphrina*)**

RODOZMĚNA u rodu *Allomyces*





Růst a vývoj vřecka

VÝZNAM DIKARYOTICKÉ FÁZE:

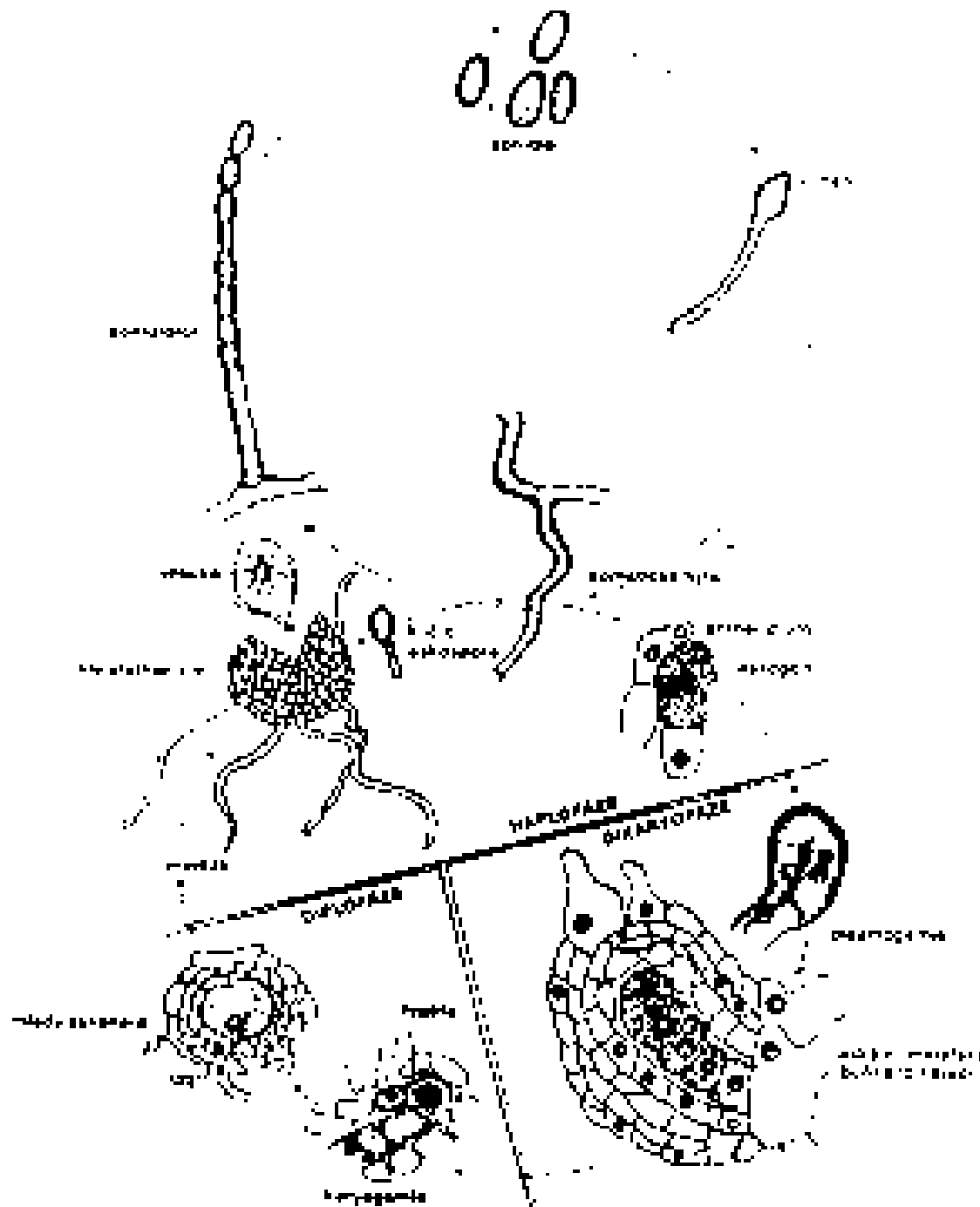
Dikaryon má selektivní výhodu před diploidy ve smyslu vzniku dikaryotické mozaiky

Tento jev zahrnuje přímou výměnu jednoho jádra dikaryonu s jádrem jiného dikaryonu pomocí fúze

Dochází tak k vytvoření nového dikaryonu jiného genotypu

Tento způsob představuje velký zdroj variability.

Životní cyklus
Podosphaera leucotricha
 Ascomycota



Velikost jaderného genomu hub je velmi malá ve srovnání s ostatními eukaryoty ($\times 10^4$ kbp – páru kilobází).

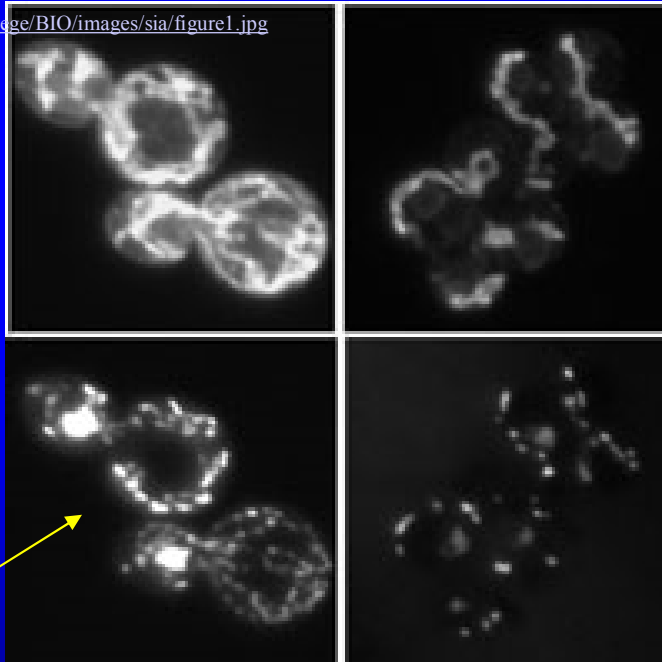
Haploidní chromozomální počet u hub a houbových organismů

Skupina/ druh	Počet chromozómů
HLENKY	
<i>Dictyostelium discoideum</i>	7
<i>Physarum polycephalum</i>	40
VČECKOVÝTRUSNÉ HOUBY	
<i>Neurospora crassa</i>	7
<i>Aspergillus nidulans</i>	8
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	16
STOPKOVÝTRUSNÉ HOUBY	
<i>Schizophyllum commune</i>	6
<i>Ustilago maydis</i>	20

MITOCHONDRIÁLNÍ DNA (mt DNA)

- Mitochondrie obsahují malou kruhovou molekulu DNA. Velikost mitochondriálního genomu je asi 19-121 kbp.
- Veškerá mitochondriální DNA kóduje podobné komponenty: komponenty elektronového transportního řetězce (podjednotky ATPazy), strukturální RNA a mitochondriální transferovou RNA.

<http://www.rochester.edu/College/BIO/images/sia/figure1.jpg>

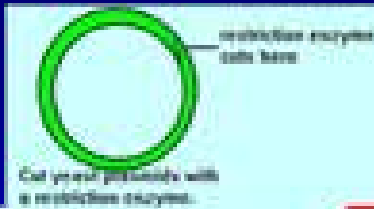


Mitochondriální DNA v buňkách kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* (barveno pomocí Green Fluorescent Protein (GFP))

U některých hub (*Neurospora*) má velký význam – již jednoduchá mutace může vést ke zestárnutí celé kolonie a uhynutí.

PLASMIDY A TRANSPORTOVATELNÉ JEDNOTKY

- **Plasmidy jsou** do kruhu stočené molekuly DNA se schopností se autonomně replikovat v buňce.
- **Plasmidy nebo plasmidům podobné části DNA jsou** nacházeny u několika druhů hub. Není známá jejich pravá funkce, ale mají velké využití při sestavování vektorů pro klonování genů u kvasinek (*Saccharomyces cerevisiae*).
- **Mnoho dalších plasmidů hub se nachází** v mitochondriích (kruhové molekuly DNA s malou nebo žádnou homologií k genomu mitochondrií). Jejich funkce není známá.



Cut plasmid, with sticky ends

BCL 2 gene cut with same restriction enzyme,
having same sticky ends

Incubate these two pieces of DNA together

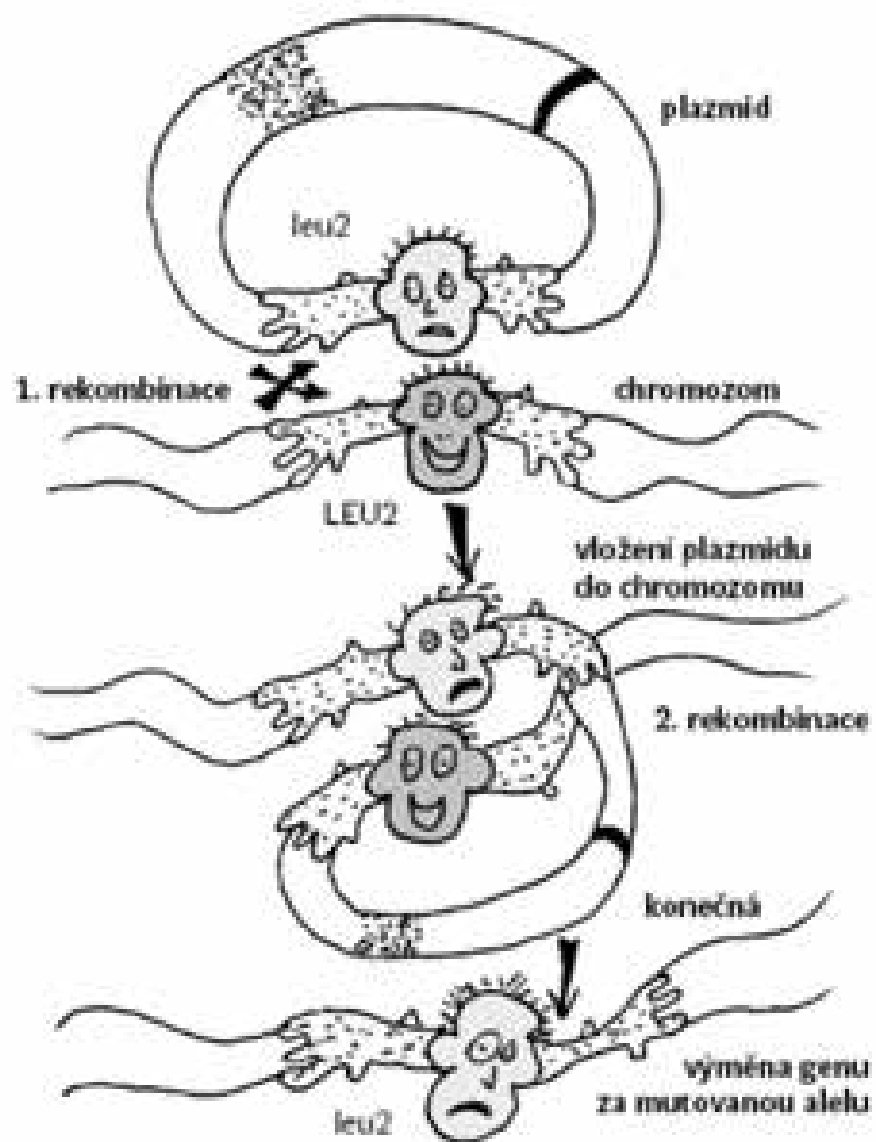


Separate cell components
and look for BCL-2 protein



which binds to fluorescent
antibody.

výměna genu na chromozomu
dvěma následnými rekombinacemi



VIRY A VIROVÉ GENY

- **Houbové viry (a částice podobné virům) byly objeveny u několika druhů hub, zahrnující zástupce všech hlavních skupin hub**
- **Viry se skládají z dvouvláknové RNA a kapsidy obsahující jeden hlavní polypeptid.**
- **Přítomnost virů nebyla doposud spojována s nějakými zvláštními potížemi, takže jde říct, že většina houbových virů je bezpříznaková.**

Příklady houbových virů

Nejlépe prozkoumané jsou u komerčně pěstovaných druhů hub

HLÍVA ÚSTŘIČNÁ

- oyster mushroom virus I
- oyster mushroom virus II



Hlíva ústříčná na kultivačním médiu



Zdravé mycelium



Infikované mycelium

ŽAMPION

- La France isometric virus
- Mushroom baciliform virus
- Vesicle virus



Zdravé



Infikované

ZDROJE GENETICKÉ VARIABILITY U HUB

NEPOHLAVNÍ VARIABILITA: MUTACE

- **Hlavní zdroj variability je mutace, což je** spontánní dědičná změna genetické informace organismu (**adice, delece, substituce, inverze..**)
- **Mutagenními činidly (UV a rentgenovým zářením, chemickými látkami) lze mutace záměrně přivodit tak, že se činidlo nechá působit na spory nebo protoplasty houby.**
- **Všechny průmyslově pěstované houby byly šlechtěny pomocí mutací (podařilo se získat mutantní kmen hlívy ústříčné, který neprodukuje spory, a tak se omezily alergie pracovníků pěstíren.**



Hlíva ústříčná
Pleurotus ostreatus

NEPOHLAVNÍ VARIABILITA: MUTACE

- **Jakákoliv mutace může vést ke zvýšení fitness nebo snížení fitness.**
- **Mutace, které vzniknou v HAPLOIDNÍM ORGANISMU se snadno dostávají do genotypu a hned se projeví. Přírozená selekce je tvrdší a okamžitě se projeví, narozdíl od diploidních organismů. Haploidní organismus nemůže akumulovat mutace, které nemají okamžitý význam: nemohou tak uchovávat variabilitu.**
- **DIPLOIDNÍ ORGANISMUS: mutace jsou často recesivní u planých typů a tak nemusí být okamžitě projeveny, místo toho se akumulují a mohou být rekombinovány různými způsoby během sexuálního rozmnožování.**
- **Selekce (pozitivní, negativní) se uplatňuje ve stabilizaci mutací.**

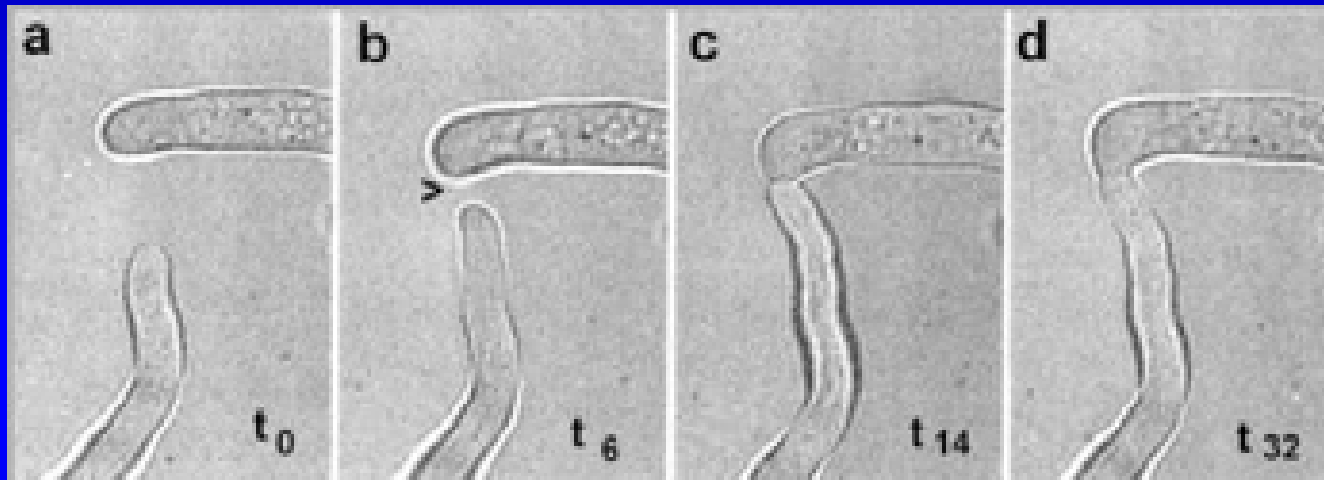
NEPOHLAVNÍ VARIABILITA: HETEROKARYÓZA

HETEROKARYÓZA

- **Kompatibilní vlákna stejného druhu mohou spolu fúzovat (vytvářet anastomózy) v nahodilých místech během vegetativního růstu, vyměňují si jádra, a tak produkují heterokaryony (mycelia obsahující geneticky rozdílná jádra).**
- **Vznik heterokaryonů uděluje většině konidiálních hub větší pružnost, což jim pomáhá, aby se lépe přizpůsobily rozdílným substrátům a podmínkám. Stupeň heterokaryózy v přírodních podmínkách je v podstatě neznám.**
- **Je zde jeden významný rozdíl mezi dikaryotickou fází a heterokaryózou: V dikaryotickém myceliu dále v určité fázi vývoje houby dochází k meióze (čímž zde navazuje pohlavní proces). U heterokaryonů toto není obvyklé: většina heterokaryonů se rozpadne.**

K heterokaryóze může dojít 2 odlišnými způsoby:

1/ Pokud hyfy jakýchkoliv 2 kmenů fúzí v místě kontaktu (anastomóza), tak se jádra dostávají s cytoplasmou do druhé hyfy.



<http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/anastom3.jpg>

2/ Pokud dojde k mutaci v jednom ze dvou jader v hyfě a mutované jádro se dostane do nové buňky společně s původním typem jádra (nezmutovaného).

V obou případech jádra potřebují proliferovat (rozmnožovat se) do apikálních buněk, aby došlo k vytvoření stabilního heterokaryonu.

NEPOHLAVNÍ VARIABILITA: PARASEXUALITA

PARASEXUALITA: alternace pohlavní rekombinace bez výsady sexuálního rozmnožování. Je typická u některých zástupců

Deuteromycotina

Parasexuální cyklus má 4 fáze:

1/ Fúze (vytváření anastomóz) u sousedních somatických hyf, výměna jader a ustanovení heterokaryonu.

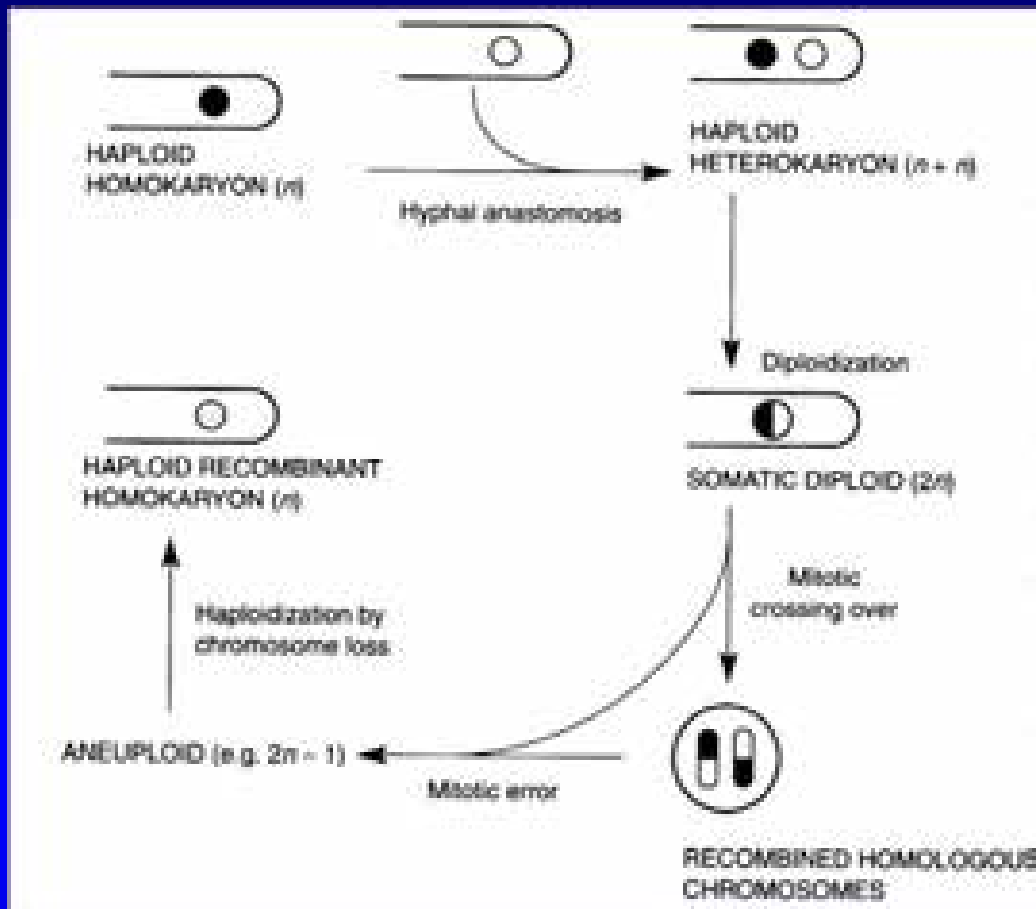
2/ Fúze rozdílných jader ve vegetativní hyfě a vytvoření SOMATICKÉHO DIPLOIDA.

3/ Somatická rekombinace (mitotický crossing-over). Výsledek je vznik chromozómů, které jsou hybridy rodičovských chromozómů.

4/ Ne-meiotická redukce takového jádra za pomoci ANEUPLOIDIE (ztráta individuálních chromozómů) vedoucí ke vzniku haploidního stavu.

CELÝ PROCES JE VELICE VZÁCNÝ A JE SPÍŠE VÝSLEDEK NAHODILÝCH ZMĚN

Tato sekvence událostí je velice vzácná a proběhne v méně než 1 hyfě / na milion, ale počet konidií, které jsou produkovány novou anamorfou je astronomický, a tak parasexualita má velký význam pro tvorbu genetické variability.



Deacon, 2005

Fáze parasexuálního cyklu:

- (1) Konjugace hyf (plasmogamie).
- (2) Heterokaryóza.
- (3) Fúze jader (karyogamie).
- (4) Mitotická rekombinace (mitotický crossing-over).
- (5) Haploidizace a jaderná segregace vedoucí ke vzniku homokaryonu.

Jevy parasexuality a heterokaryózy jsou velmi časté u vláknitých mikroskopických hub (*Penicillium*, *Aspergillus*) a byly pozorovány i u homothalických Hymenomycetidae, jsou velmi důležité pro šlechtění na produkci účinných látek, jako např. antibiotik.

VÝZNAM PARASEXUALITY

- Význam v přírodě je doposud ne zcela znám
- **Není jasné, proč zástupci umělé skupiny Deuteromycotina opustili účinný sexuální mechanismus genetické rekombinace ve prospěch daleko více nahodilého a zdánlivě méně účinného procesu.**
- **Odpověď může znít, že k parasexualitě dochází v jakékoliv době během normálního somatického růstu a není potřeba žádných speciálních předpokladů jako je tomu u pohlavních fází.**
- **Každá z jednotlivých fází (nebo událostí parasexuálního cyklu) je relativně vzácná a nevytváří pravidelný cyklus jako je pohlavní cyklus včetně meióze.**

SROVNÁNÍ POHLAVNÍHO CYKLU A PARASEXUÁLNÍHO CYKLU

Pohlavní rozmnožování	Parasexualita
Vysoce organizovaná a často taky přísně načasovaná událost, která je geneticky programovaná	Zahrnuje sekvenci ne zcela častých událostí, které se zdají být spíše příležitostné než v určitém plánu
Jaderná fúze je často zprostředkovaná genetickými faktory, vyjádřenými jako párovací typy ('mating types,) dochází k ní ve vysoce specializovaných strukturách a často zahrnuje mnoho párů kompatibilních jader.	Jaderná fúze je izolovaná událost, není zprostředkovaná pomocí párovacích typů, nebyla nalezena ve specializovaných strukturách a zahrnuje pouze jednotlivá jádra.
Během meiózy, ke crossing-overu pravděpodobně dochází v každém homologním páru chromozómů a mnohonásobný crossing-over je běžný.	Během somatické rekombinace, ke crossing-overu běžně dochází pouze u jednoho nebo několika chromozómů, a nikdy to není tak často jako u meiózy.
V meiózi, k segregaci dochází vysoce organizovaným způsobem během 2 specializovaných jaderných dělení.	Somatická haploidizace se pravděpodobně vyskytuje jako výsledek postupné ztráty chromozómů z aneuploidního jádra ($2n-1$) během několika mitotických dělení než je ustanoven stabilní haploid

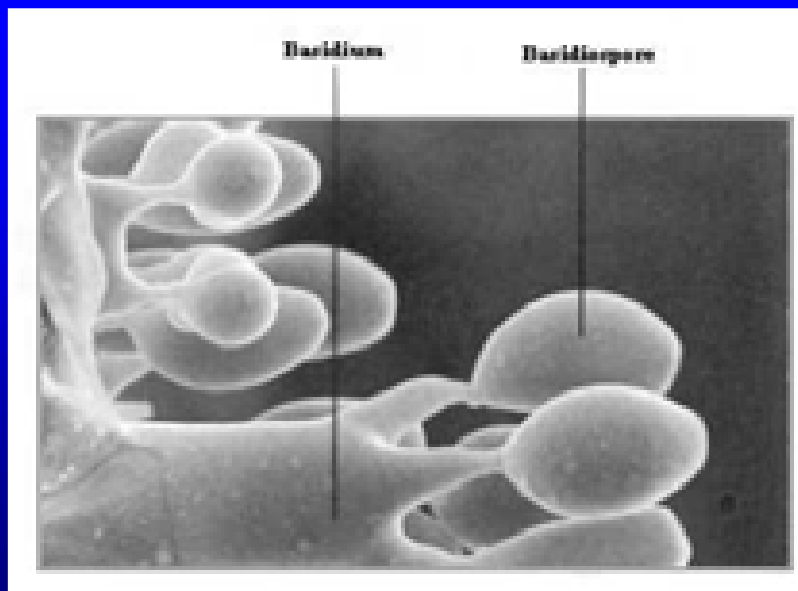
POHLAVNÍ VARIABILITA

- **Sexualita je hlavní mechanismus dávající vznik genetickým rekombinantům**
- **Párování rodičovských chromozómů vede k mnohonásobnému crossing overu (tvorba překřížení).**
- **Segregace (náhodný rozestup chromozómu do dceřinných buněk) a následné nezávislé kompletování homologních chromozómů od 2 různých rodičů má za výsledek, že jednotlivé dceřinné haploidní jádra mohou mít různé chromozómy od různých rodičů.**
- **HOMOTHALICKÉ druhy – může u jednoho jejich vlákna dojít k sexuální reprodukci; self-kompatibilní**
- **HETEROTHALICKÉ druhy - houby, které potřebují 2 geneticky odlišná, ale kompatibilní mycelia, která se musí setkat, aby mohlo dojít k sexuální reprodukci**

NEPRAVÝ HOMOTHALISMUS (AMFITHALISMUS) –
vyskytuje se u druhů, které mají na bazídii jen 2 výtrusy
(nebo ve vřecku jen 4 výtrusy). Do každého z nich vcestují
místo 1 jádra dvě jádra pohlavně rozdílná. Z jediného
dvoujaderného výtrusu vyroste ihned dikaryotické
mycelium, a potom i plodnice.

Příklady:

Žampion dvouvýtrusý
(*Agaricus bisporus*)



<http://pollen.utulsa.edu/basidium2.jpg>

http://www.mushroomexpert.com/images/kuo/agaricus_bisporus_01big.jpg

APOGAMIE (APOMIXIE) – v mladé basidii neproběhne karyogamie ani meióza. Basídie potom nese jen 2 jednojaderné haploidní spory.

Příklad:

Šťavnatka kuželovitá
Hygrocybe conica



http://www.hlasek.com/foto/hygrocybe_conica_aj2998.jpg



http://www.damyko.info/ForumA/files/thumbs/t_p1010064_137.jpg

Šťavnatka panenská
Hygrophorus virgineus

PÁROVACÍ TYPY U SKUPINY BASIDIOMYCOTINA

▪ Pokud se alely vyskytují na jednom lokusu (A_1, A_2), potomstvo jedné basidie bude ve DVOU ODLIŠNÝCH PÁROVACÍCH TYPECH; mating system těchto hub se nazývá BIPOLÁRNÍ (většina snětí, někteří zástupci *Gasteromycetes*, nebo *Coprinus comatus*)

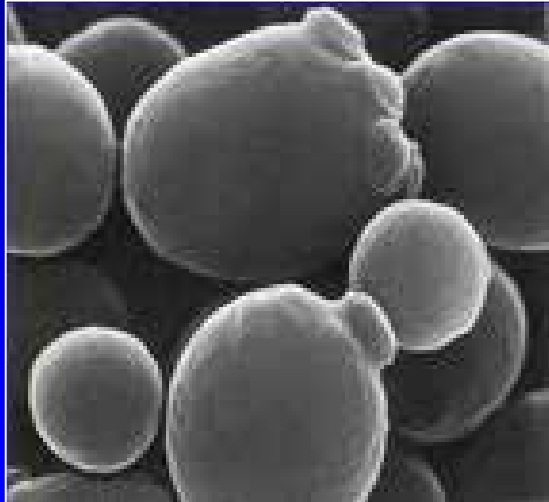
▪ Pokud se alely vyskytují na 2 lokusech (A_1, A_2, B_1, B_2), potomstvo jedné basidie bude ve ČTYŘECH ODLIŠNÝCH PÁROVACÍCH TYPECH ($A_1B_1; A_1B_2; A_2B_1; A_2B_2$); mating systém se pak nazývá TETRAPOLÁRNÍ (většina *Aphylophorales*, *Agaricales* a *Gasteromycetes*)

Houby jako objekty genetických studií

Houby mají kombinaci určitých znaků, které se nenachází u jiných eukaryot:

1. Snadno se pěstují v laboratorních podmínkách a jejich životní cyklus je krátký
2. Jsou většinou haploidní, tj. mutace jsou hned viditelné a pod tlakem okamžité selekce
3. Jejich pohlavní fáze může být použita pro analýzu segregace a rekombinace genů
4. Z jejich nepohlavních spor vznikají uniformní populace
5. V některých případech mají malý genom (kvasinka má genom jenom 3 x větší než *E. coli*)
6. Malé množství repetitivní DNA (tzn. většina DNA kóduje specifické proteiny).

NEJČASTĚJŠÍ MODELOVÉ ORGANISMY:



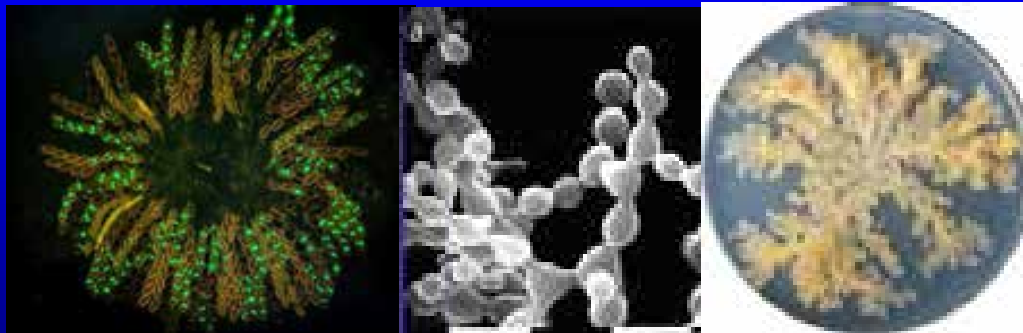
http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/37/4218.jpg

Saccharomyces cerevisiae



<http://profiles.umassmed.edu/profiles/profile/Modules/CustomViewPersonGeneralInfo/ImageHandler.ashx?NodeID=132152&photoNum=1>

***Schizosaccharomyces* sp.**



<http://www.nigms.nih.gov/Research/models/PublishingImages/neurospora.jpg>

***Neurospora crassa* (Sordariales)**



<http://www.mycology.adelaide.edu.au/images/nidulans1.gif>

Aspergillus nidulans

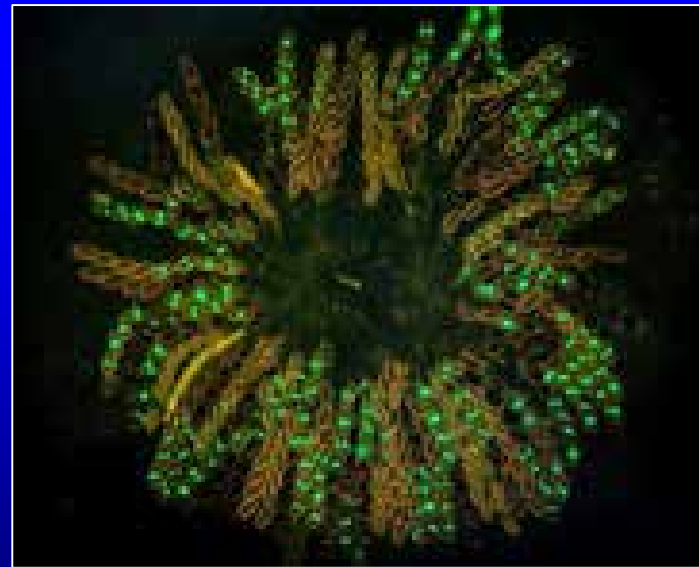
Genetická manipulace u průmyslových hub

- Z kvasinek je nejlépe prozkoumaná *Saccharomyces cerevisiae*, která má genetický systém více pozměnitelný k modifikaci.
- Nejčastějšími objekty klasických genetických studií jsou druhy *Neurospora crassa* a *Aspergillus nidulans*, ale naneštěstí zase mají malé nebo žádné průmyslové využití.
- Do roku 1974 byly nejpoužívanějšími technikami zlepšování kmenů hub MUTACE, SCREENING A SELEKCE. Tyto postupy byly velmi účinné na poli produkce penicilínu – nově vyšlechtěné kmeny *Penicillium chrysogenum* produkují 50 x více penicilínu než původní Flemingovo *P. notatum*.



<http://public.gettysburg.edu/~rcavaliere/em/asp1.jpg>

Aspergillus nidulans



<http://www.nigms.nih.gov/Research/models/PublishingImages/neurospora.jpg>

Neurospora crassa

TRANSFORMACE

- V 70-tých letech bylo objeveno, že kvasinka *Saccharomyces cerevisiae* OBSAHUJE PLASMID. *Saccharomyces cerevisiae* má poměrně velké rozměry, snadnou kultivaci a není to nebezpečný organismus. Jsou schopny produkovat PROTEINY I Z ŽIVOČIŠNÝCH GENŮ.

- Plasmidy jsou do kruhu stočené molekuly DNA, které NOSÍ DĚDIČNOST NEZÁVISLOU NA CHROMOZÓMECH. U kvasinek se plasmidy nacházejí volně v cytoplasmě nebo nukleoplasmě.

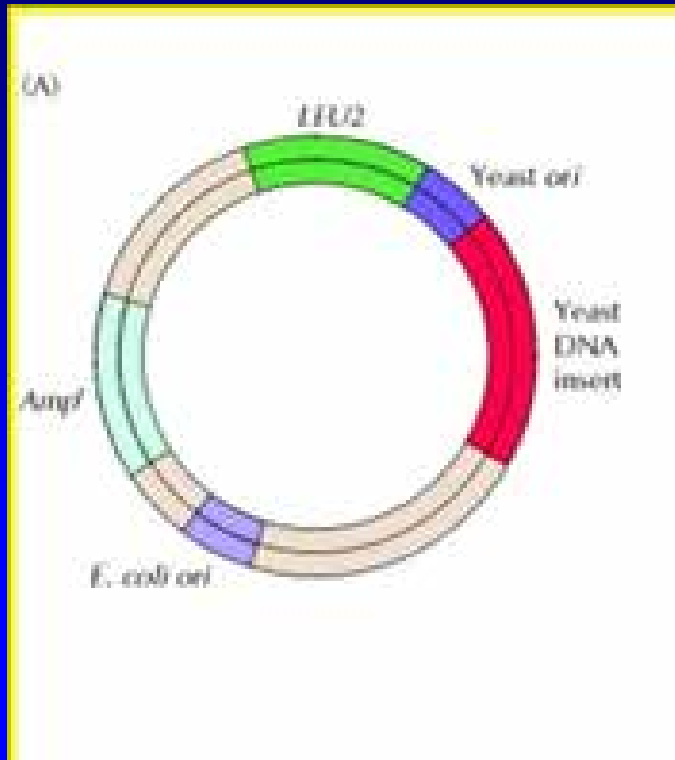
- Jeden plasmid může být z BUŇKY DO BUŇKY předán procesem TRANSFORMACE

- Plasmid může být použit jako VEKTOR, kterým se PŘENÁŠEJÍ POTŘEBNÉ ČÁSTI buněčné DNA z jednoho kmene do druhého. Pro tento účel je obvyklé KLONOVAT plasmid do VHODNÉ BAKTERIE – obvykle *Escherichia coli*

- Při klonování, hybridní nebo chimerický plasmid je vytvořen použitím ČÁSTI PLASMIDU KVASINKY a části nebo celým BAKTERIÁLNÍM PLASMIDEM. Část bakteriálního nebo kvasinkového plasmidu musí obsahovat specifický gen – např. pro rezistenci k antibiotikům, nebo syntézu určité aminokyseliny.

- Plasmid může být kultivován a nebo KLONOVÁN V BAKTERII. Po kultivaci plasmidu v bakterii se požadovaný úsek DNA zpět INKORPORUJE DO BUŇKY KVASINKY

- V současnosti bylo TRANSFORMACÍ DOSAŽENO i u vláknitých hub *Aspergillus nidulans* a *Neurospora crassa*.



<http://www.biopedia.sk/images/molekularka/shuttle.gif>

KVASINKOVÝ VEKTOR (A)

Vektor obsahuje BAKTERIÁLNÍ POČÁTEK REPLIKACE (*ori*) (umožňuje být rozmnožován jako plazmid *E.coli*) a GEN PRO REZISTENCI VŮČI ANTIBIOTIKU ampicillin (*Amp^r*). Vektor obsahuje KVASINKOVÝ POČÁTEK REPLIKACE a MARKEROVÝ GEN (*LEU2*), dovolující selekci transformovaných kvasinek. *LEU2* gen kóduje enzym nutný pro SYNTÉZU AMINOKYSELINY LEUCINU, aby mohly být transformované kvasinky, které nemají tento enzymy mohly být selektovány na médiu kde chybí leucin.

EXPRESE HETEROLOGNÍCH PROTEINŮ

- HETEROLOGNÍ PROTEIN – rekombinantní protein – znamená produkce určitého GENOVÉHO PRODUKTU v organismu, pro který to NENÍ NORMÁLNÍ.
- Recentní aplikace technik s REKOMBINANTNÍ DNA NA KVASINKY A VLÁKNITÉ HOUBY otvírá nové možnosti ve vztahu ke konstrukci vysoce produktivních kmenů.
- Heterologní genové expresní systémy se studují u mnoha houbových organismů - NEJINTENZIVNĚJŠÍ využití je u KVASINEK *Saccharomyces cerevisiae*, VLÁKNITÉ HOUBY jsou nyní zkoumány jako POTENCIÁLNÍ HOSTITELSKÉ ORGANISMY k produkci heterologních proteinů - *Neurospora*, *Aspergillus*, *Penicillium*. V mnoha případech pro základní výzkum, v dalších pro komerční aplikace.

EXPRESE HETEROLOGNÍCH PROTEINŮ

Příklady heterologních proteinů produkovaných houbovými organismy

Saccharomyces cerevisiae :

glukoamyláza, endoglukanáza, lidský α -interferon, Insulin, Interleukin, myší α -amyláza, myší imunoglobulin

Pichia pastoris:

pšeničná α -amyláza, kvasinková invertáza, HIV antigeny, lidský serový albumin, hovězí lysozym, tumor nekrosis faktor,

Aspergillus nidulans:

lidský α -interferon, růstové faktory, růstové hormony

Trichoderma reesei:

produkce celulózy

MAPOVÁNÍ GENOMU HOUBOVÝCH ORGANISMŮ

Kvasinka (Saccharomyces cerevisiae)

- **Rok 1996 – KOMPLETNĚ ZMAPOVANÝ GENOM jako první eukaryotický mikroorganismus. (17 chromozómů v haploidním jádře)**
- **Tento organismus se stal klíčem pro POST-GENOMICKÝ VÝZKUM – u každého genu bylo zjišťováno jako se PROJEVUJE VE FENOTYPU, jaké jsou interakce jednotlivých proteinů.**
- **Pro klonování se využívá umělých kvasinkových chromozómů YAC (Yeasts Artificial Chromosomes)**
- **Další houbové mikroorganismy, u kterých bylo dokončeno mapování genomu:**
Schizosaccharomyces pombe, Aspergillus fumigatus, Candida albicans, Cryptococcus neoformans, Ustilago maydis, Magnaporthe grisea.

GENETIKA A FYTOPATOLOGIE

INTERAKCE PATOGENA A HOSTITELE

ROSTLINA

NEHOSTITELSKÁ REZISTENCE – rostlina neumožňuje vytvořit vztah s patogenem. Poskytuje nevhodné podmínky pro rozmnožování a přežití většiny patogenů. Rostliny jsou úplně imunní k infekci.

HOSTITELSKÁ REZISTENCE – rostlina umožňuje rozmnožování a růst patogena

RASOVĚ SPECIFICKÁ REZISTENCE – rostliny vykazují vysokou rezistenci k jednotlivým dílčím rasám patogena. Většinou je založena monogenně a výsledkem je reakce „ano“ nebo „ne“

RASOVĚ NESPECIFICKÁ REZISTENCE – rostliny vykazují zhruba stejnou úroveň rezistence ke všem rasám, tato rezistence však není úplná. Většinou je založena polygenně, a účinek jednotlivých genů se sčítá.

PATOGEN

PATOGENITA – potenciální schopnost jednotlivých kmenů mikroorganismů způsobovat chorobu u určitých genotypů rostlin. Jejimi determinantami jsou geny patogenity.

VIRULENCE – schopnost překonávat specifické geny rezistence, tedy kvalitativní aspekt patogenity. Je založena monogenně.

AGRESIVITA – stupeň patogenity, tedy kvantitativní aspekt patogenity. Je založena polygenně.

V rámci houbového druhu (patogena) někteří jedinci mohou napadat pouze určité druhy hostitelských rostlin. Tyto jedinci tvoří skupiny, které nazýváme **specializované formy (FORMAE SPECIALIS)**.

V rámci určitých **specializovaných forem** jsou jedinci, kteří mohou napadat pouze určité genotypy (odrůdy) jednoho hostitelského druhu, tyto jedinci tvoří skupiny, které nazýváme **RASY**.

RASY nebo Specializované formy (**FORMAE SPECIALIS**) **mohou** být rozpoznány pomocí testování na standardizovaném diferenciačním souboru hostitelských odrůd (genotypů)

Interakce ras *Cladosporium fulvum* se 3 kultivary rajčete.

Kultivary rajčete	<i>Cladosporium fulvum</i> rasy					
	0	1	2	3	1 + 2	1 + 3
1	R	S	R	R	S	S
2	R	R	S	R	S	R
3	R	R	R	S	R	S

Příklad reakce různých genotypů *Lactuca serriola* na inokulaci různými izoláty plísně salátové (*Bremia lactucae*) (race BL18)

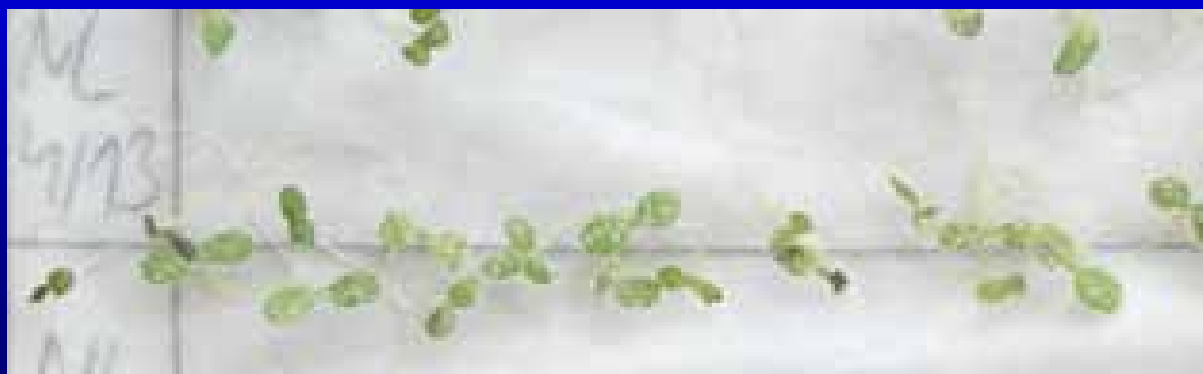
Rezistentní



**Středně
náchylná**



Náchylná



Příklad reakce různých genotypů *Cucumis melo* na izolát padlí okurkového (*Golovinomyces cichoracearum*)

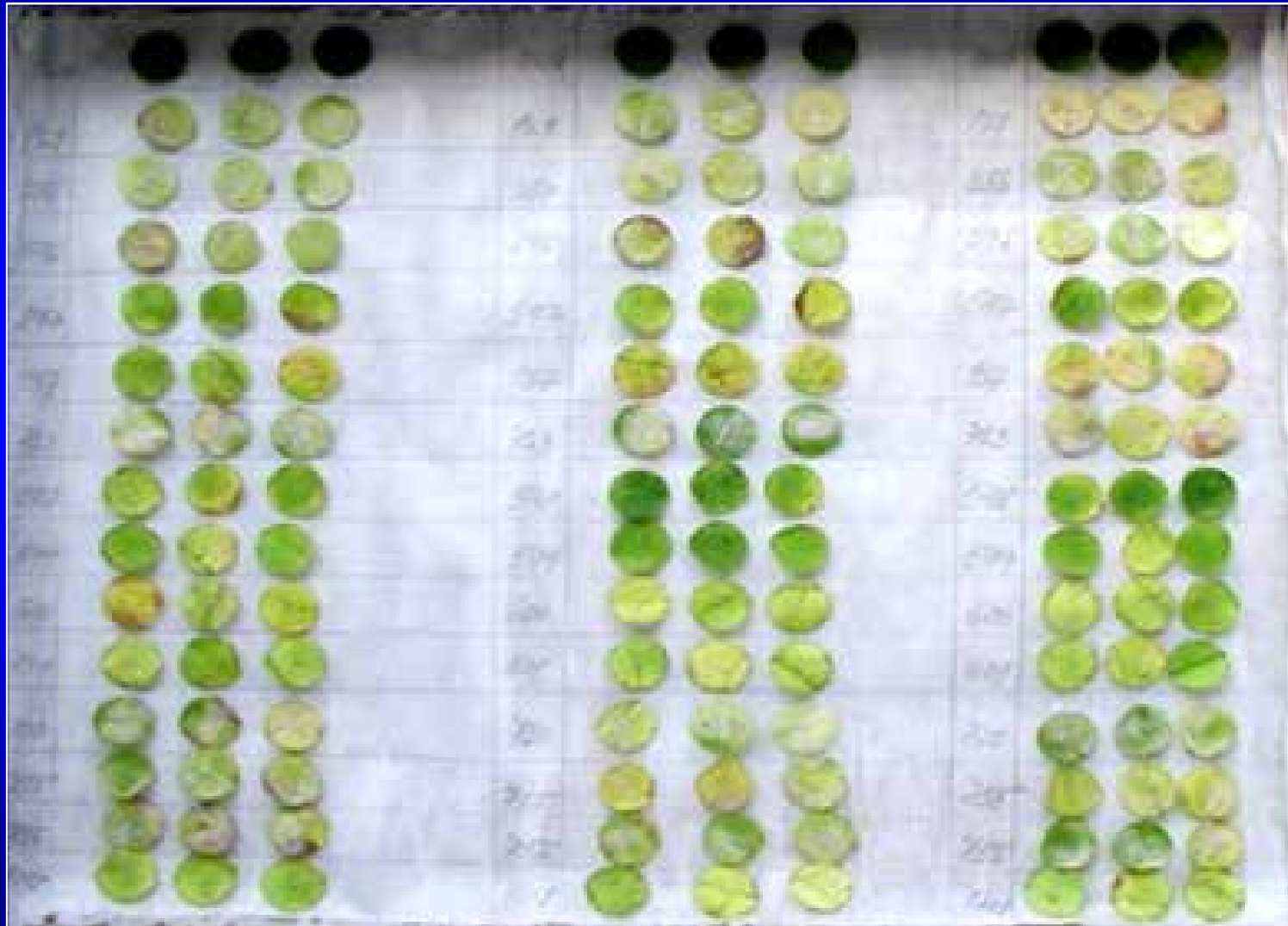


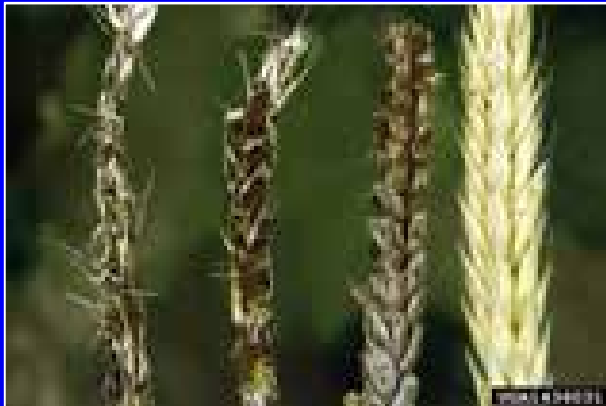
Foto: B. Sedláková

GENETIKA VIRULENCE PATOGENA A REZISTENCE HOSTITELE

KONCEPCE GEN PROTI GENU (GENE-FOR-GENE) (Flor, 1947)

- Opírá se o koevoluci hostitele a patogena. Změny ve virulenci patogena se odrážejí ve změnách v rezistenci hostitele. Pro každý gen rezistence existuje příslušný gen virulence, který tu rezistenci překonává.

PATOSYSTÉMY, U NICHŽ BYL PROKÁZÁN VÝSKYT VZTAHU GEN PROTI GENU



<http://bugwoodcloud.org/images/768x512/1436031.jpg>

Pšenice – *Ustilago tritici*



Ječmen – *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*

Foto: B. Mieslerová

Len- *Melampsora lini*



[http://www1.agric.gov.ab.ca/Sdepartments/deptdocs.nsf/ba3468a2a8681f69872569d60073fde1/73346a3207c9730787256de2008034d3/\\$FILE/flax_rus_t4_l.jpg](http://www1.agric.gov.ab.ca/Sdepartments/deptdocs.nsf/ba3468a2a8681f69872569d60073fde1/73346a3207c9730787256de2008034d3/$FILE/flax_rus_t4_l.jpg)



http://archive.agric.wa.gov.au/objtwr/imported_images/f03395e1.gif

Pšenice - *Puccinia graminis*

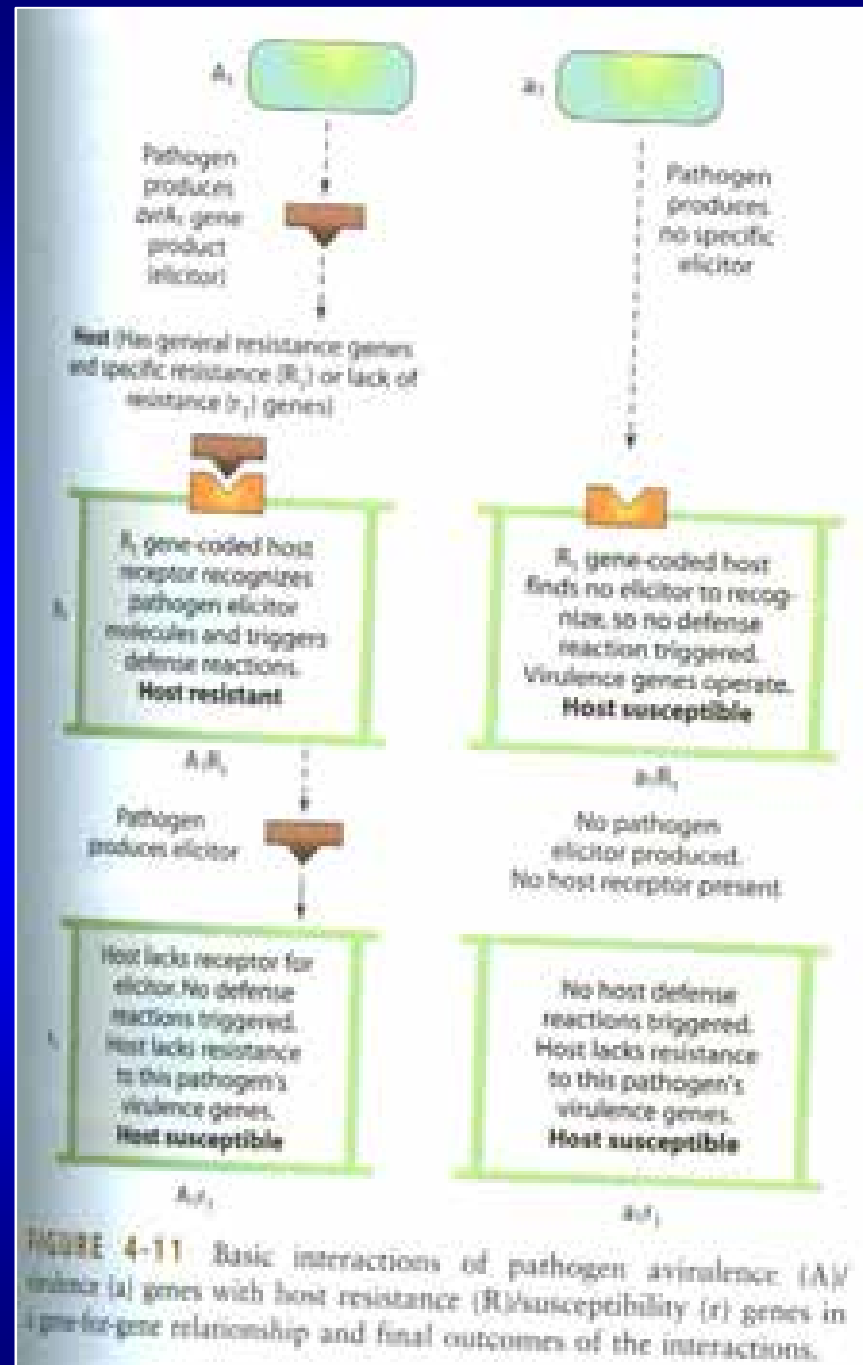
PÁROVÝ VZTAH HOSTITEL - PATOGEN

- Florova hypotéza gen proti genu vychází z interakce specificky si odpovídajících genů rezistence a virulence.
- Šlechtitelské pokusy ukázaly, že většinou **REZISTENCE** je **dominantní (R)** a **NÁCHYLNOST** **recesivní (r)**. Na druhou stranu **AVIRULENCE** je klasifikována jako **dominantní (Av)** a **VIRULENCE** **recesivní (av)**.
- Párový vztah jednoho genu rezistence a odpovídajícího genu virulence je možné vyjádřit čtvercovým schématem
- Tři kombinace: R-av, r-Av a r-av (produkty se nerozpoznají) mají za výsledek kompatibilní reakce a infekce je úspěšná. Pouze jedna kombinace, R-Av (produkty se rozpoznají) má za výsledek inkompatibilní reakce a neobjeví se žádná infekce (rezistence).

Genotyp hostitele	Genotyp patogena	
	Av ₁	av ₁
R ₁	-	+
r ₁	+	+

**ZÁKLADNÍ INTERAKCE
GENŮ
AVIRULENCE/VIRULENCE
A REZISTENCE/
NÁCHYLNOSTI**

Předpokládá se, že produktem genu rezistence je specifický proteinový RECEPTOR na rostlinném povrchu a produktem genu avirulence specifické glykoproteinové molekuly – ELICITOR- na povrchu houby.



Příklady produktů, které kódují geny patogenity:

Signální molekuly

Kutinázy (degradace kutinu)

Enzymy degradující BS

Toxiny (houbové)

Příklady produktů, které kódují geny rezistence:

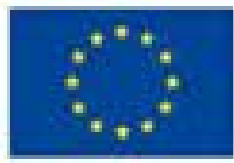
Signální molekuly

Komponenty účastnící se hypersenzitivní reakce

Fytoalexiny



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

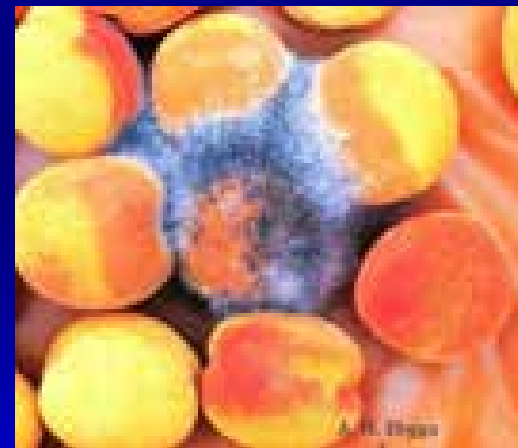


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

OBECNÁ MYKOLOGIE



**Modifikace profilu absolventa biologických studijních
oborů na PŘF UP: rozšíření praktické výuky a
molekulárních, evolučních a cytogenetických oborů**

Registrační číslo: CZ.1.07/2.2.00/28.0158

7. Přednáška

- Nejdůležitější látky v tělech hub
- Sekundární metabolity
- Výživa hub - zdroje uhlíku, dusíku
- Metabolismus hub
- Bioluminiscence



http://www.mdpi.com/toxins/toxins-02-00613/article_deploy/html/images/toxins-02-00613-g001-1024.png

***Penicillium patulum* –
produkuje nebezpečný
toxin Patulin**



http://img0.mxstatic.com/champignon/la-champignon-mycena-chlorophos-a-la-particularite-d-etre-bioluminescent_66658_w620.jpg

**Zástupce rodu *Mycena* – nově
objevena schopnost luminiscence**

VÝŽIVA HUB A METABOLISMUS

NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY V TĚLECH HUB

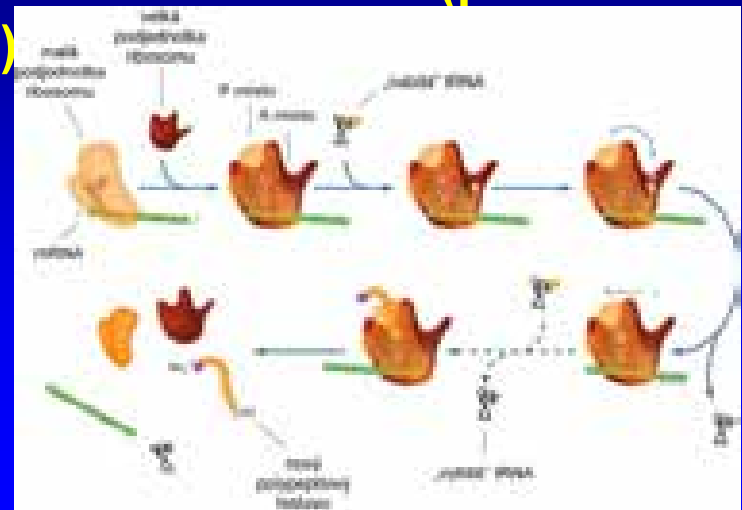
1. BÍLKOVINY (PROTEINY)

- **Proteiny jsou velké, komplexní molekuly, tvořené různými kombinacemi 20 různých aminokyselin, které jsou spojeny pospolu peptidovou vazbou. Houby dovedou syntetizovat de novo všechny aminokyseliny.**
- **Některé proteiny slouží jako enzymy a strukturální složky, ostatní jsou spojeny s nukleovými kyselinami a tvoří nukleoproteiny, a třetí skupina je spojena s sacharidy a tvoří glykoproteiny, které jsou nacházeny v membránách buněčné stěny.**
- **Bílkoviny jsou v tělech hub v omezené míře; peptidické povahy jsou např. známé jedy jako amanitidy a phalloidiny z plodnic *Amanita phalloides***

NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY V TĚLECH HUB II.

2. NUKLEOVÉ KYSELINY

- **Známe 2 druhy nukleových kyselin, běžně nazývané DNA (deoxyribonukleová kyselina) a RNA (ribonukleová kyselina). DNA slouží k uchování genetické informace a tvoří chromozómy lokalizované v jádře. Každá kyselina se skládá z nukleotidů, jež jsou vytvořeny ze sacharidu, dusíkaté báze a kys. fosforečné.**
- **DNA se replikuje sama, a také přepisuje svou genetickou informaci do RNA. Některá RNA je součástí ribozómů (rRNA); jiná RNA funguje jako mediátorová RNA (je matricí pro kódování aminokyselin v proteinech), a další jako transferová RNA (přenáší aminokyseliny na místo syntézy bílkovin)**



NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY V TĚLECH HUB III.

3. SACHARIDY

- Sacharidy jsou buď cukry, cukerné alkoholy nebo polysacharidy (polymery cukrů), všechny s empirickým vzorcem: $(\text{CH}_2\text{O})_n$.
- Většina houbových sacharidů jsou polysacharidy, jako chitin, chitosan, mannan, glukan, glykogen, a u skupiny Chromista (hlavně Oomycota) celulóza. Chitin, základní složka buněčné stěny u mnoha hub, je polymer β -1,4 N-acetylglukosaminu. Celulóza je polymer β -1,4 glukózy.
- Hlavní zásobní sacharid u hub je glykogen, mannany a galaktany.
- Po stélce jsou cukry roznášeny pomocí cukernatých alkoholů (např. mannitol a některé další) a trehalózy (transportní disacharid ze 2 jednotek glukózy)

NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY V TĚLECH HUB IV.

4. LIPIDY

- **Zahrnují mastné kyseliny (nasyčené i nenasycené), tuky (mastné kyseliny s glycerolem) a fosfolipidy.**
- **Nejčastější mastné kyseliny u hub jsou palmitová, oleová a linoleová.**
- **Většina mastných kyselin je kombinovaná s glycerolem a tvoří tuky a oleje, v širším měřítku používány jako zásobní látky.**
- **Fosfolipidy jsou důležitou složkou buněčných membrán, kde jsou často v komplexech s proteiny - umožňují propustnost a elasticnost.**

NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY V TĚLECH HUB V.

5. PIGMENTY I.

- Jejich tvorba je dána geneticky, ale je ovlivňována i prostředím (obvykle výrazněji zbarvené houby najdeme v lese (zastínění), zatímco na otevřených stanovištích mají barvy spíše nevýrazné)
- Pigmenty chromoforní – v buňce; pigmenty chromoparní – vylučovány mimo buňku (např. zbarvení dřeva houbou *Chlorosplenium aeruginascens* (zelenitka měděnková).



[http://static1.squarespace.com/static/5155c835e4b0ec1768d377fc/t/51cb0d80e4b07a71e671ae53/1372261760123/Chlorosplenium+aeruginascens+\(2\).JPG?format=300w](http://static1.squarespace.com/static/5155c835e4b0ec1768d377fc/t/51cb0d80e4b07a71e671ae53/1372261760123/Chlorosplenium+aeruginascens+(2).JPG?format=300w)



http://www.jsimons.dsl.pipex.com/Fungus/chlorosplenium_aeruginascens.jpg

NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY V TĚLECH HUB VI.

5. PIGMENTY II.

- Nejčastěji jsou povahy chinonů, vzácné jsou karotenoidy
- Barevné změny dužniny na řezu, nebo např. vytékajícího mléka ryzců jsou vždy způsobeny oxidací na vzduchu – pigment se změní v jinou formu (oranžové mléko ryzce pravého modrá, modrozelená)



Lactarius deliciosus
ryzec pravý

<http://static.panoramio.com/photos/large/18757675.jpg>

NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY V TĚLECH HUB VII.

5. PIGMENTY III.

- Nejtypičtějším příkladem je modrání různých druhů hřibů – pulvinové kyseliny (kys. variegátová, xerokomová) jsou oxidovány na modrý anion.



https://c2.staticflickr.com/6/5084/5273809093_9412c9c677_z.jpg

Boletus pulverulentus
hřib modračka



http://www.aranzadi.eus/fileadmin/images/micologia/Eskaneatuak/06_digital/061129013.jpg

Xerocomus badius Suchohřib
hnědý

NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY V TĚLECH HUB VIII.

5. PIGMENTY IV.

- Černání stárnoucích plodnic (např. *Russula nigricans* – holubinka černající). Finálním produktem přeměny je melanin.



NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY V TĚLECH HUB VIII.

6. SEKUNDÁRNÍ METABOLITY

PRIMÁRNÍ METABOLITY – určité sloučeniny, které jsou částí obvyklého stále probíhajícího způsobu existence

SEKUNDÁRNÍ METABOLITY – široké spektrum produktů, které nejsou přímo zahrnuty do normálního běžného růstu. Mají určité společné znaky:

- Mají tendenci být produkovány na konci růstové fáze ve statické kultuře nebo když je růst substrátově limitovaný v případě průtokové kultury.
- Jsou produkovány z běžných metabolických meziproductů speciálními enzymatickými dráhami kódovanými specifickými geny
- Nejsou nezbytné pro růst nebo normální metabolismus
- Jejich produkce může být specifická na rodové, druhové nebo kmenové úrovni.

6. SEKUNDÁRNÍ METABOLITY

PŘÍKLADY POUŽITÍ SEKUNDÁRNÍCH METABOLITŮ:

1. **Obrana teritoria (prostoru) pomocí antibiotik**
2. **Mykotoxiny jsou prevencí proti predaci hmyzem**
3. **Melanin chrání proti UV záření**
4. **Pohlavní hormony sloužící pro reprodukci**
5. **Vůně/ chuť sloužící jako atraktant hmyzu, který přenáší spory**

Příklady sekundárních metabolitů odvozených od různých prekurzorů

PREKURSOR	METABOLIT	PŘÍKLAD ORGANISMU
Glukóza	Muskarin	<i>Amanita muscaria, Clitocybe</i>
Aromatické aminokyseliny	Lišejníkové kyseliny	Lišejníky
Alifatické aminokyseliny	Penicilin	<i>P. notatum, P. chrysogenum</i>
	Fusariová kyselina	<i>Fusarium spp.</i>
	Ergotové alkaloidy	<i>Claviceps spp.</i>
	Lysergová kyselina	<i>Claviceps purpurea</i>
Organické kyseliny	Rubratoxin	<i>Penicillium rubrum</i>
	Itakonová kyselina	<i>Aspergillus spp.</i>
Acetyl-CoA	Patulin	<i>Penicillium patulum</i>
	Ochratoxiny	<i>Aspergillus ochraceus</i>
	Griseofulvin	<i>Penicillium griseofulvum</i>
	Aflatoxiny	<i>Aspergillus flavus</i>
	Trichoteceny	<i>Fusarium spp.</i>
	Cefalosporiny	<i>Cephalosporium spp.</i>



http://www.wallpaperup.com/uploads/wallpapers/2013/03/20/54300/big_thumb_b-ed14a967ca4ba795210147740ea358f.jpg

Muchomůrka červená (*Amanita muscaria*) – produkce **Muskarinu**

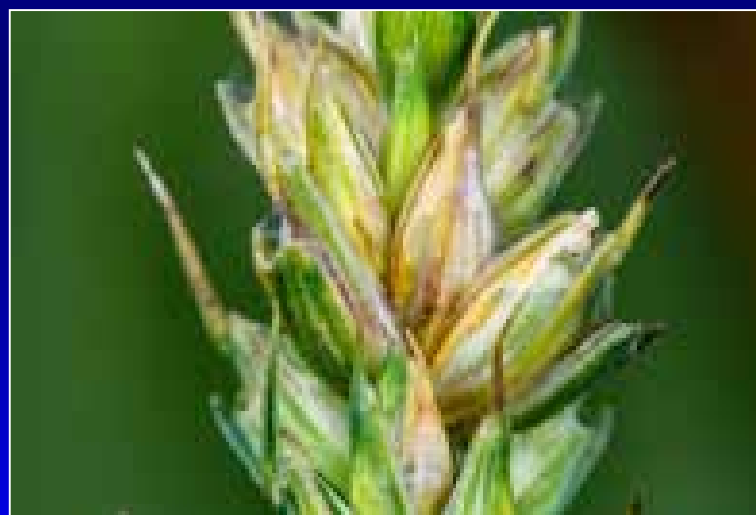


Foto: J. Rod

Paličkovice nachová (*Claviceps purpurea*) – produkce **Ergotových alkaloidů a kyseliny lysergové**



http://www.ent.iastate.edu/images/plantpath/corn/fusarium/fusarium_insect_inj.jpg



https://c2.staticflickr.com/8/7267/7516437442_9b9c39e1e2_b.jpg

Fusarium* spp, produkce **Fusariové kyseliny, Trichotecenů (toxické pro herbivory, i zneužitý)*



http://www.doctorfungus.org/thefungi/img/acre_1.jpg

***Cephalosporium acremonium* (= *Acremonium chrysogenum*)** objevil ho prof. Profesor Brotzu v roce 1948 – produkuje jemné konidie ve sporodochiích produkce **Cefalosporinů**



<http://s683.photobucket.com/user/dmwake/media/MIC425L%201-26-2010/CephalosporiumAcremoniumKillense2.jpg.html>



<https://www.ciriscience.org/thumbimage.php?f=24301C.jpg>



http://www.mdpi.com/toxins/toxins-02-00613/article_deploy/html/images/toxins-02-00613-g001-1024.png

Penicillium patulum –
produkuje nebezpečný
toxin **Patulin**



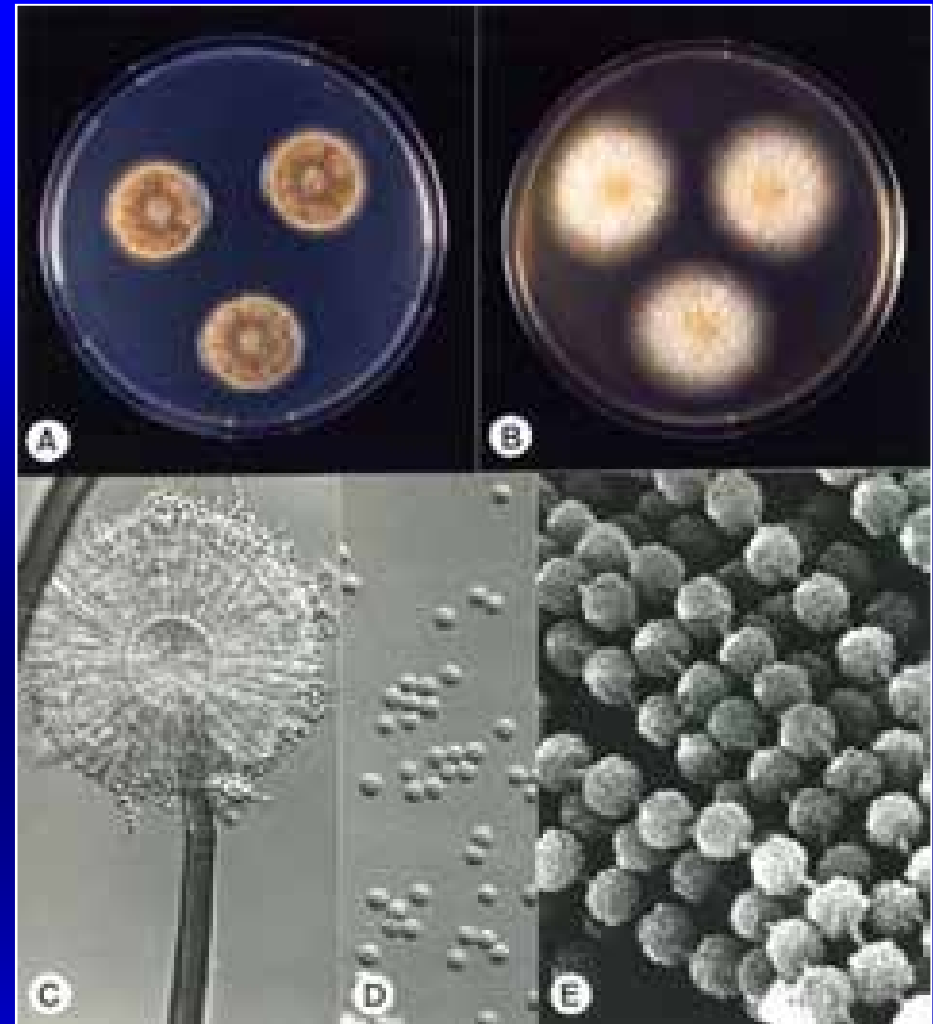
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1c/Penicillium_notatum.jpg

Penicillium notatum -
produkce **antibiotika**
Penicilinu



http://www.shouragroup.com/Images/gallery/Field/peanut_ aflatoxin.jpg

Aspergillus flavus – napadá
např. podzemnici olejnou
produkce **Aflatoxinu**



<http://www.bcrc.firdi.org.tw/fungi/showImage.jsp?id=IM200802220013>

Aspergillus ochraceus –
produkce **Ochratoxinu**

VÝŽIVA HUB

- Houby jsou heterotrofové, a získávají energii oxidací organických látek. Tímto znakem se úplně liší od rostlin, které jsou autotrofní a získávají energii přeměnou světelné energie.
- Způsob získávání živin je absorpcí. Živiny jsou absorbovány přímo do buňky z vnějšího prostředí. Příjem živin a vylučování metabolitů probíhá přes povrch hyf (prostou difuzí, aktivním transportem pomocí přenašečů). Většina živočichů získává živiny ingescí, potrava vchází do jejich těla, kde je trávena a zpracována.
- Houby saprofytické – výživou je roztok (ve vodě) živných látek z humusu, mrtvých těl nebo zahnívajících látek (rostlinných nebo živočišných)
- Mycelium parazitických hub bere živiny přímo z těl živých organismů, do jejichž pletiv proniká
- Přesná hranice mezi saprofytismem a parazitismem není

HOUBY POTŘEBUJÍ PRO SVŮJ RŮST:

- 1. Vhodné organické substance jako je zdroj uhlíku
- 2. Zdroj dusíku (organický, anorganický)
- 3. Určité anorganické ionty
- 4. Určité růstové faktory organického původu ve velmi malých koncentracích
- 5. Vodu (viz přednáška 2.)
- <http://www.youtube.com/watch?v=puDkLFcCZyl>
- <http://www.youtube.com/watch?v=CI Egg UBoivY&NR=1>
- <http://www.youtube.com/watch?v=UvTvaxVySIE&feature=fvw>

1. ZDROJE UHLÍKU

Rozmanitost zdrojů uhlíku pro vláknité houby a kvasinky

ZDROJ UHLÍKU	POZNÁMKA
HEXOZOVÉ CUKRY	Glukóza, fruktóza a mannóza jsou metabolizovány většinou kvasinek a vláknitých hub
PENTÓZOVÉ CUKRY	Některé houby jsou schopny prodýchávat pentózové cukry (arabinóza, xylóza, rhamnóza, xylulóza) lépe než glukózu
DISACHARIDY	Větší počet kvasinek využívá disacharidy (maltóza, laktóza, trehalóza...). Obecně lze říct, že pokud kvasinky zkvašují maltózu, tak nezkašují laktózu a obráceně.
TRISACHARIDY	Rafinóza je pouze částečně využívána některými kmeny <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , ale úplně je využívána jinými druhy rodu <i>Saccharomyces</i> spp.
OLIGOSACHARIDY (NAPŘ. MALTODEXTRINY)	Metabolizovány amylolytickými kvasinkami, ne pivovarskými kvasnicemi.
POLYSACHARIDY	Zahrnuje škrob, inulin, celulózu, hemicelulózu (xylany, galaktany, mannany), chitin, pektinové látky (řetězce polygalakturonové kyseliny – tvoří střední lamelu). Mnoho vláknitých hub může využívat tyto komponenty v závislosti na extracelulární enzymové aktivitě. Kvasinky, které fermentují polysacharidy jsou vzácné.

ZDROJ UHLÍKU	POZNÁMKA
NIŽŠÍ ALIFATICKÉ ALKOHOLY (METHANOL, ETHANOL)	Jsou prodýchávány mnoha houbami.
CUKERNATÉ ALKOHOLY (NAPŘ. GLYCEROL)	Mohou být prodýchávány mnoha kvasinkami a houbami.
ORGANICKÉ KYSELINY (OCTOVÁ, CITRONOVÁ, MLÉČNÁ)	Mnoho kvasinek je může prodýchávat, ale jen pár je jich schopno zkvašovat.
MASTNÉ KYSELINY (OLEOVÁ, PALMITOVÁ)	Některé druhy kvasinek mohou používat mastné kyseliny jako zdroj uhlíku a energie, jako např. druh <i>Aureobasidium pullulans</i>
AMINOKYSELINY	Slouží jako zdroj uhlíku a dusíku, příliš dusíku není vhodné pro mnoho organismů.
VÍCEUHLÍKATÉ UHLOVODÍKY (C9)	Některé kvasinky (<i>Candida</i>) a vláknité h. jsou schopné růst na ropných produktech
AROMATICKÉ SLOUČENINY	Zahrnuje to fenol, krezol, benzoáty etc. Málo druhů kvasinek je může využívat.
LIGNIN – AROMATICKÝ POLYMER (obsahuje fenypropany a alkoholy kumarylalkohol, koniferylalkohol, sinapylalkohol)	Může být rozkládán pouze tzv. houbami způsobujícím „bílou hnilobu“. Určitá část energie je získávána okamžitě, ale hlavně činí dostupnými celulózu a hemicelulózu.
KERATIN – bílkovina tvořená aminokyselinami	Některé houby – ho rozkládají např. Onygenales,

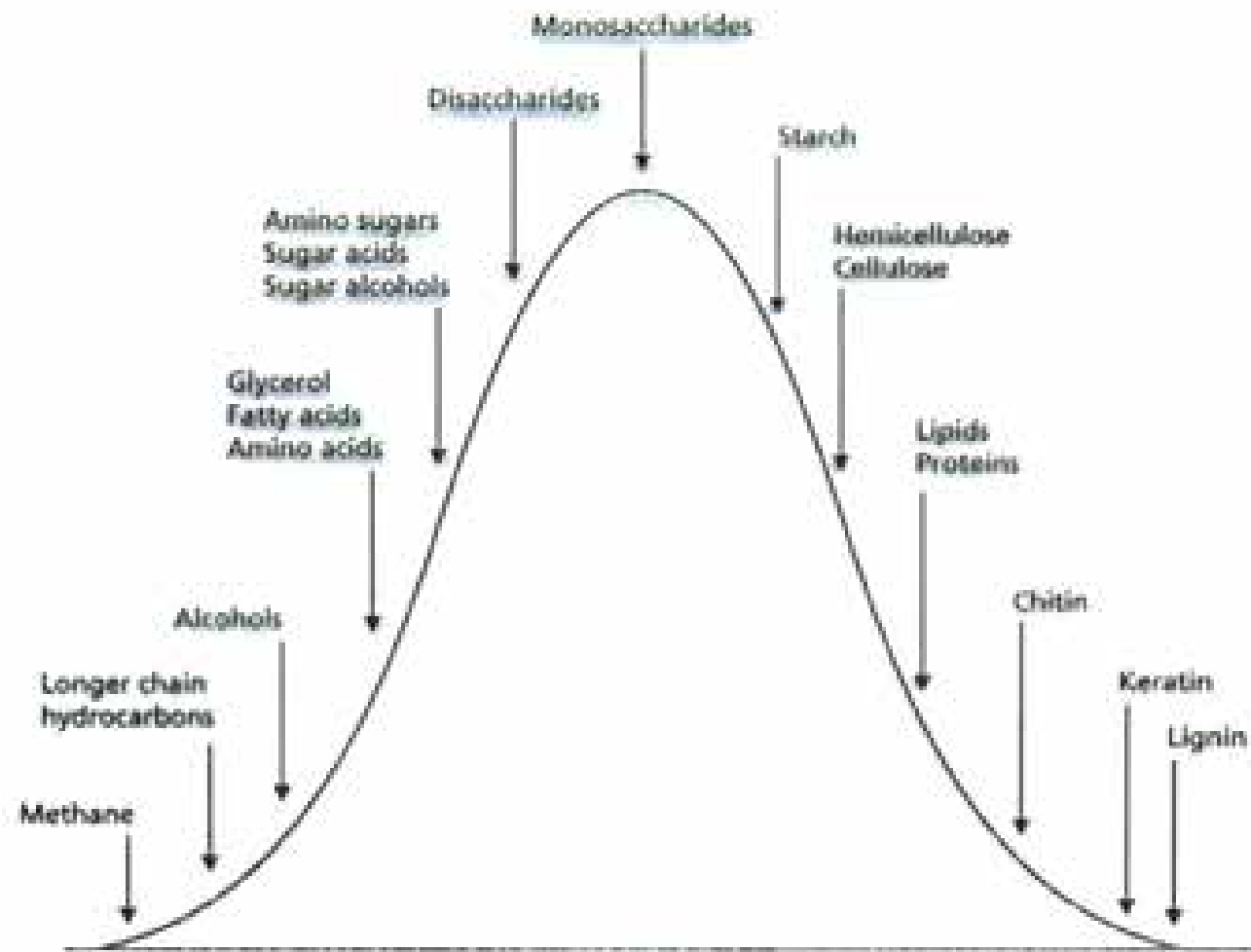


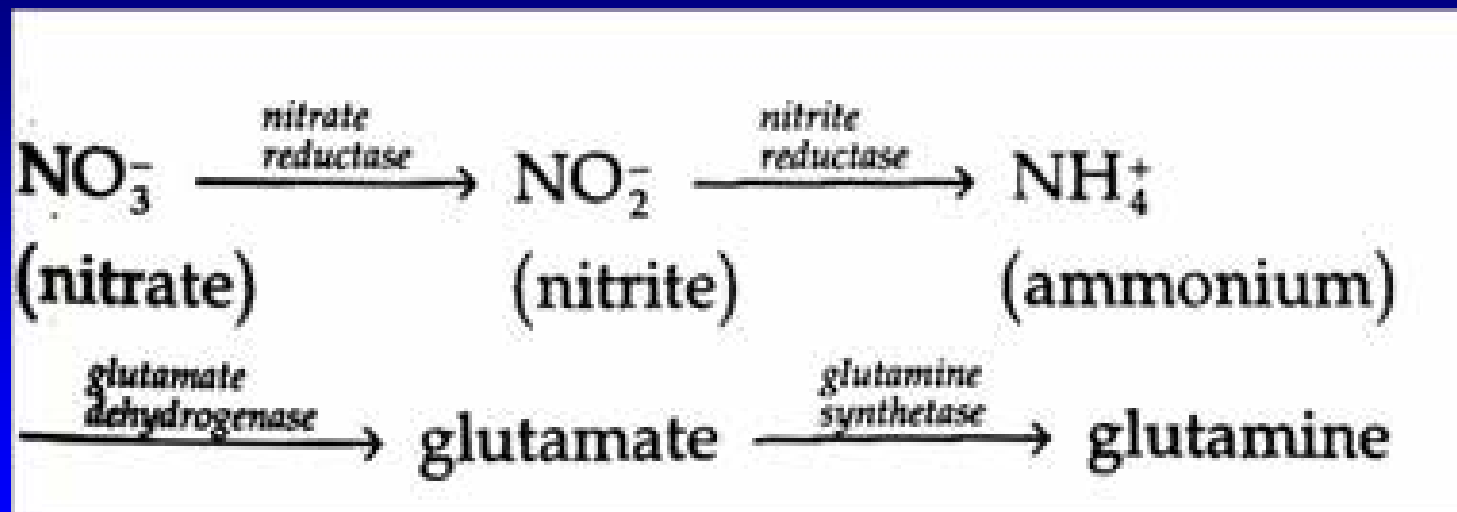
Fig. 5.3 Some representative carbon substrates of fungi, arranged approximately (left to right) in terms of chemical or structural complexity and (vertically) according to the proportion of fungi that utilize them.

2. ZDROJE DUSÍKU

- Houby nemohou fixovat vzdušný dusík a potřebují přijímat sloučeniny obsahující dusík, buď v anorganické formě (amoniové soli) nebo v organické formě (aminokyseliny).

ANORGANICKÉ ZDROJE DUSÍKU

- Síran amonný je běžně využíván jako zdroj dusíku.
- Dále je využíván amoniak, který se uvolňuje při rozkladu rostlinných nebo živočišných zbytků (nedokáží to např. Saprolegniales, tyto organismy potřebují substrát bohatý na proteiny, třeba i mrtvý hmyz)
- Mnoho hub také může růst na nitrátech (dusičnany)



ORGANICKÉ ZDROJE DUSÍKU

- Mnoho hub může asimilovat aminokyseliny (např. glutamová kyselina, asparagin), aminy (obsahující funkční skupinu $-NH_2$) nebo amidy (obsahující funkční skupinu $-CONH_2$) jako zdroje dusíku.
- Využívání močoviny (degradace na CO_2 a amoniak pomocí ureázy) je běžné u hub a některých kvasinek ze skupiny Basidiomycotina, které jsou proto nazývány ureázo-pozitivní na rozdíl od ureázo-negativních kvasinek.
- Organické sloučeniny jako např. peptony nebo asparagin mohou sloužit jako zdroj obojího – dusíku i organického uhlíku pro potřeby výživy houby

3. ANORGANICKÉ SLOUČENINY

- Draslík, fosfor (jako fosfáty), hořčík a síra (jako sulfáty) jsou potřebné v určitém množství. Zdroji jsou zejména jejich soli jako např. MgSO_4 , K_3PO_4 , vzácněji (jen některé) houby využívají Ca, Na (mořské ve formě NaCl)
- Ostatní anorganické sloučeniny jako železo, zinek, měď, mangan a molybden jsou potřeba v zlomkových množstvích. Jsou nutné jako složka esenciálních enzymů.

4. ORGANICKÉ RŮSTOVÉ FAKTORY

- Zahrnují hlavně vitamíny. Některé houby jsou kompletně soběstačné a nepotřebují žádné vitamíny. Jiné druhy potřebují vnější zdroje jednoho nebo více vitamínů.
- Mnoha houbám je třeba dodávat hlavně thiamin (vitamín B_1 –závisí na něm metabolismus dusíku), biotin (B_7), riboflavin (B_2), pyridoxin (B_6), nikotinovou kyselinu (B_3) a jiné.
- Některé houby mají specifické nároky – např. Oomycota potřebují k růstu steroly.

METABOLISMUS HUB

Biochemický metabolismus může být rozdělen do dvou velkých skupin:

- **KATABOLICKÝ METABOLISMUS (KATABOLISMUS)** získává energii rozkladem různých substrátů, dochází ke vzniku adenosin trifosfátu (ATP), redukci NAD^+ (Nikotinamid adenin dinukleotid), NADP^+ (Nikotinamid adenin dinukleotid fosfát) a FAD (Flavin adenin dinukleotid) na NADH , NADPH a FADH_2 , které dodávají energii anabolickým procesům.
- **ANABOLICKÝ METABOLISMUS (ANABOLISMUS)** syntetizuje komplexní molekuly a jejich meziprodukty, spotřebovává energii ($\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}$) a je uskutečňován dehydrogenázovými enzymy, používá redukovanou formu NADPH , NADH , FADH_2 .
- Tyto 2 protikladné procesy jsou těsně propojeny.
- Mikroorganismy, které ke svému metabolismu používají kyslík jsou nazývány **AEROBNÍ MIKROORGANISMY**.
- Některé mikroorganismy mohou nahradit kyslík nitráty, jiné sulfáty nebo ionty železa, a tak mohou růst i za nepřítomnosti kyslíku; tyto se nazývají **ANAEROBNÍ MIKROORGANISMY**.

DOSTUPNOST KYSLÍKU

Na základě potřeb kyslíku pro růst se houby mohou rozdělovat na 4 kategorie

OBLIGÁTNÍ AEROBOVÉ – rostou pouze v aerobních podmínkách

FAKULTATIVNÍ AEROBOVÉ - rostou v aerobních podmínkách, ale dovedou růst také v podmínkách absence kyslíku, kdy jsou schopni fermentace cukrů (*Fusarium oxysporum*, *Mucor hiemalis*, *Aspergillus fumigatus*)

Mucor hiemalis – houba, která může způsobovat povrchové mykózy u lidí (vstupuje poraněními)



OBLIGÁTNĚ FERMENTATIVNÍ DRUHY - chybí jim mitochondrie, a tak i když mohou růst v prostředí s kyslíkem nebo bez kyslíku, tak vždy získávají energii fermentací (někteří zástupci vodních Oomycota nebo Chytridiomycota)

OBLIGÁTNÍ ANAEROBOVÉ – jejich somatické buňky odumírají v prostředí, kde je kyslík (někteří zástupci Chytridiomycota, kteří rostou v trávicím traktu přežvýkavců)



<http://grupthinkpro.s3.amazonaws.com/grupthinklive2efda88f6ac6e5be7abf5cf13f7e3e79>

Neocallimastix sp. rostoucí v trávicím traktu přežvýkavců

Příklady degradace polymerických sloučenin na monomery u hub

pectin $\xrightarrow{\text{pectin lyase, polygalacturonase}}$ galacturonic acid
starch $\xrightarrow{\text{amylases, glucoamylase}}$ glucose
inulin $\xrightarrow{\text{inulinase}}$ fructose
cellulose $\xrightarrow{\text{cellulases}}$ glucose
hemicellulose $\xrightarrow{\text{hemicellulases, xylanase}}$ xylose, glucose
lipids $\xrightarrow{\text{lipases}}$ fatty acids
proteins $\xrightarrow{\text{proteinases}}$ amino acids
chitin $\xrightarrow{\text{chitinase}}$ N-acetylglucosamine
lignin $\xrightarrow{\text{ligninase, manganese peroxidase, laccase, glucose oxidase}}$ variety of largely phenolic products

Laktóza $\xrightarrow{\beta\text{-galactosidases}}$ galaktóza + glukóza

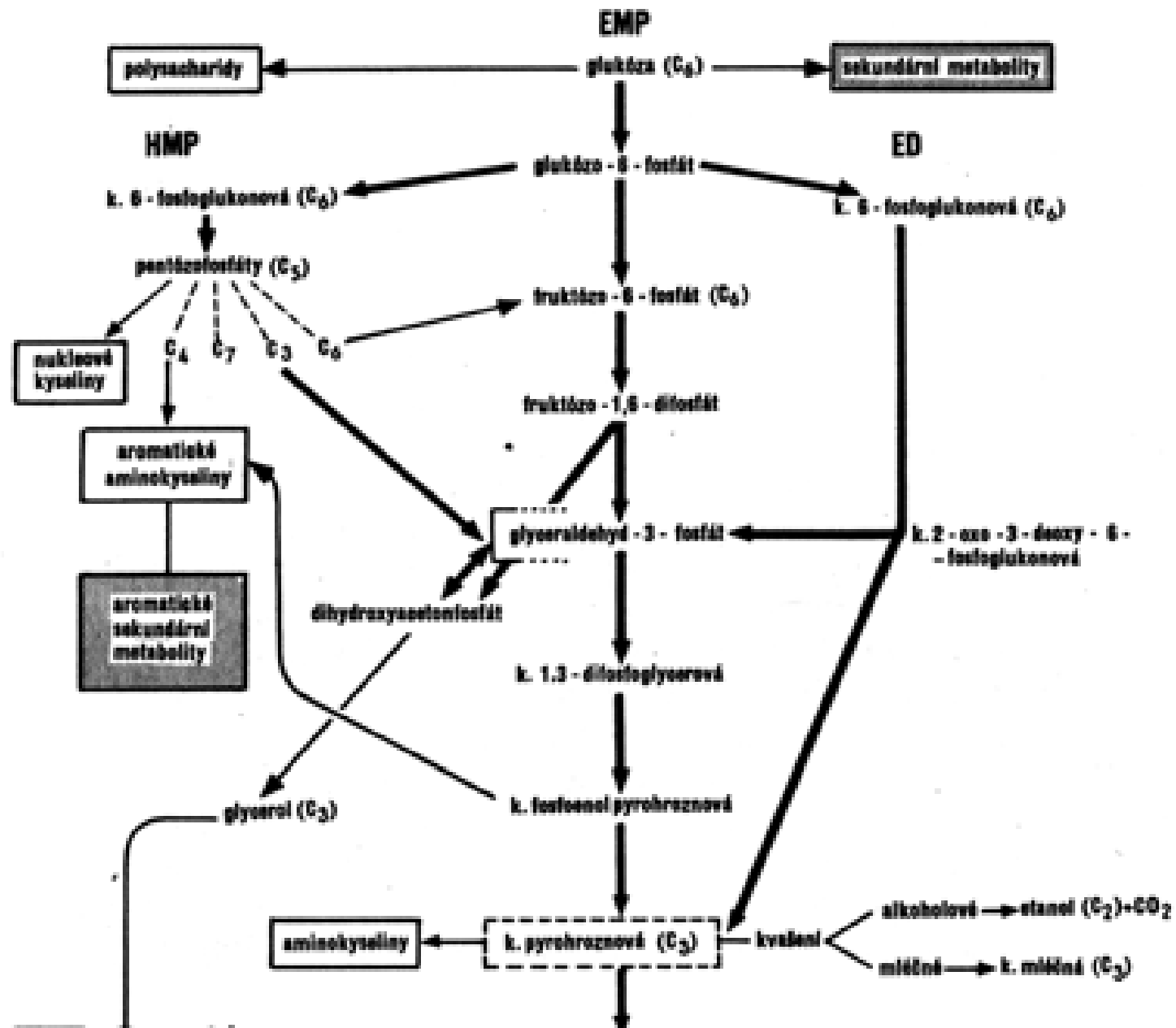
Sacharóza $\xrightarrow{\text{invertase (saccharase)}}$ glukóza + fruktóza

1. PRODUKCE ENERGIE

- Hlavně pomocí **RESPIRACE a FERMENTACE**
- V první části monosacharidy jsou přeměněny pomocí **GLYKOLÝZY** (v cytosolu, jedná se o anaerobní proces) většinou na kys. pyrohroznovou
- Existují 2 hlavní dráhy přeměny glukózy:
 1. Embden-Meyerhoff Parnasova dráha (EMP), která má za výsledek produkci molekul **ATP** a pyruvátu (kyseliny pyrohroznové) (hlavní dráha energetické produkce). Šestiuhlíkatá molekula glukózy je přeměněna na 2 tříuhlíkaté molekuly kys. pyrohroznové. Tento proces probíhá v cytoplasmě. K iniciaci tohoto procesu je potřeba 2 molekul **ATP**. V důsledku jsou produkovány 4 molekuly **ATP** a 2 molekuly **NADH**;



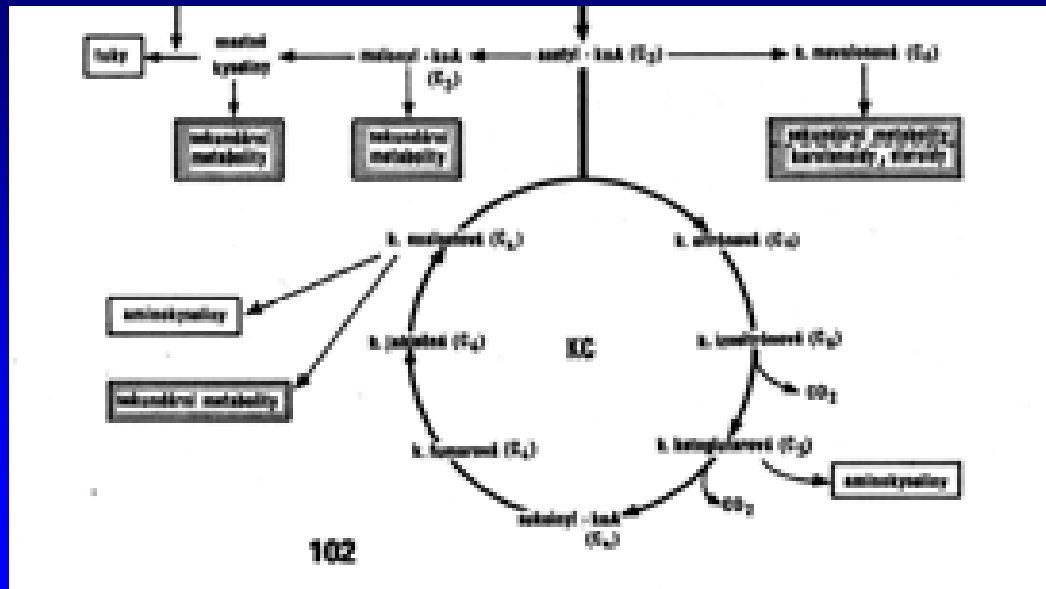
2. Hexózo-monofosfátová dráha (HMP), která dává vznik **NADPH**, (slouží hlavně pro biosyntézu; v první fázi vzniká ribózo-5-fosfát sloužící pro produkci nukleových kyselin).



1. A. AEROBNÍ RESPIRACE

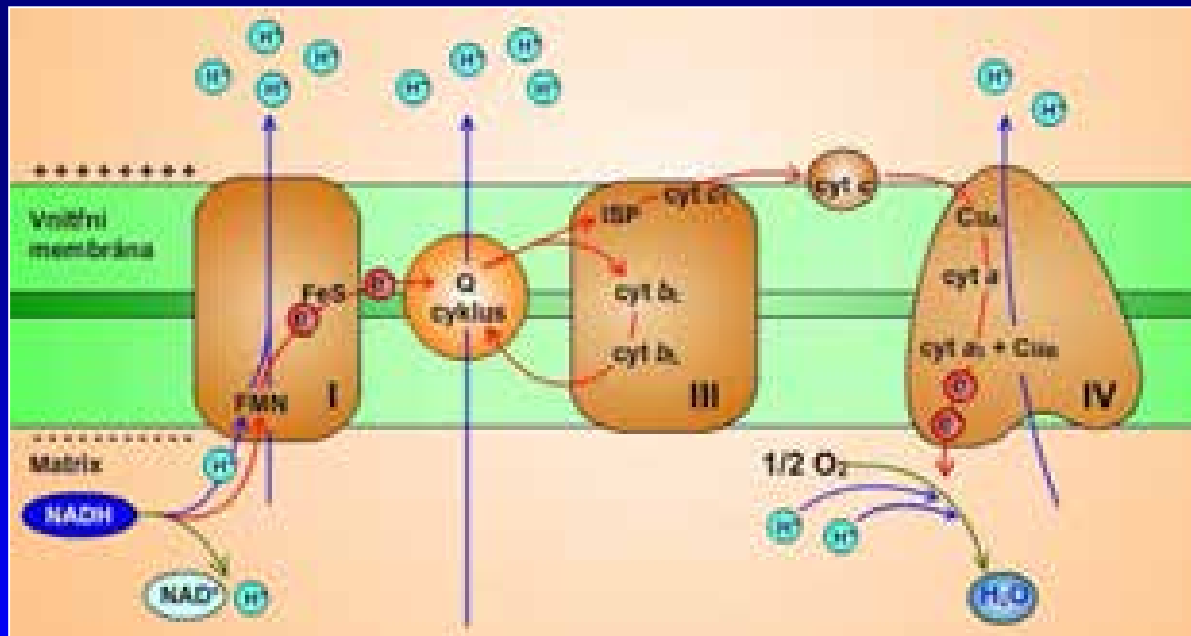
- **Aerobní respirace zahrnuje přeměnu chemické energie uchovávané v chemických vazbách v glukózové molekule, v chemickou energii uchovávanou v chemických vazbách ATP (Adenosin TriFosfátu) molekul, které jsou syntetizovány z ADP (Adenosin DiFosfátu) + P (Fosfát).**
- **Houby používají molekulární kyslík jako terminální elektronový akceptor v aerobní respiraci různými způsoby.**
- **Respiraci předchází tvorba acetyl koenzymu A – každá molekula pyruvátu (kys. pyrohroznové) je oxidována na oxid uhličitý a 2-uhlíkatou acetylovou skupinu. Oxid uhličitý je uvolňován jako odpadní produkt, a 2-uhlíkatá acetylová skupina je vázána na koenzym A a přenesena do mitochondrií.**
- **Respirace zahrnuje 3 procesy: CYKLUS KYSELINY CITRONOVÉ (KREBSŮV CYKLUS), ELEKTRONOVÝ TRANSPORTNÍ ŘETĚZEC, a OXIDATIVNÍ FOSFORYLACI, ve všech případech svázané s mitochondriemi, jako u všech eukaryotních organismů.**

- **KREBSŮV CYKLUS:** Acetyl-CoA vstupuje do cyklu a kondenzuje s oxalacetátem (kys. oxaloctová) (4 uhlíky) na citrát - kyselinu citrónovou (6 uhlíků).
- Postupné dekarboxylace a oxidace uvolňují oxid uhličitý (CO_2) jako odpadní produkt, hlavně ale dochází k redukci koenzymů. Vodíkové ionty jsou vázány na NAD^+ (Nikotinamid adenin dinukleotid), NADP^+ (Nikotinamid adenin dinukleotid fosfát) a FAD (Flavin adenin dinukleotid) dávající vznik NADH , NADPH a FADH_2 . Konečným produktem je opět oxalacetát.
- Oxalacetát kondenzuje s dalším acetyl-CoA a cyklus se opakuje
- Jedna molekula glukózy dává vznik 34 molekulám ATP.



ELEKTRONOVÝ TRANSPORTNÍ ŘETĚZEC: Elektrony jsou uvolňovány z molekul při glykolýze a Krebsově cyklu (uloženy do koenzymů **NADH, NADPH a $FADH_2$**) a následuje jejich předání na sérii cytochromů na mitochondriální membráně, zatímco vodíkové ionty (protony) jsou pumpovány přes vnitřní stěnu membrány mitochondrií, a výše zmíněné redukované koenzymy jsou znovu oxidovány a kyslík je terminální akceptor vodíkových iontů a dává vznik vodě.

- Energie uvolňovaná během elektronového přenosu je použita k syntéze ATP procesem zvaným **OXIDATIVNÍ FOSFORYLACE**



http://www.studiumbiochemie.cz/dr/dr_kompletni_a.jpg

Schéma mitochondriálního řetězce transportu elektronů (černě) a protonů (červeně).

▪ Využití zdroje uhlíku jiného než karbohydráty mnoha houbami kombinováno s univerzální potřebou cukrů pro biosyntetické účely vede k **GLUKONEOGENESI** (v podstatě je to reversní proces k glykolýze, dochází k přeměně pyruvátu (kys. pyrohroznové na glukózu). Spotřebovává ATP jako zdroj energie a NADH jako redukční sílu.

1. B. FERMENTACE

- Proces, kdy jsou organické molekuly použity jako terminální elektronový akceptor
- Produkce ATP pomocí fermentace ve srovnání s respirací je nízká
- Tento způsob fermentace může produkovat u hub alkohol nebo kyselinu mléčnou.
- Fermentace pyruvátu na alkohol a CO₂ je běžná u kvasinek jako např. *Saccharomyces cerevisiae*, ale také druhy *Aspergillus*, *Fusarium* a *Mucor* to dokážou.



- Zástupci skupiny Oomyceta a Zygomyceta dovedou fermentovat cukry za vzniku kys. mléčné.

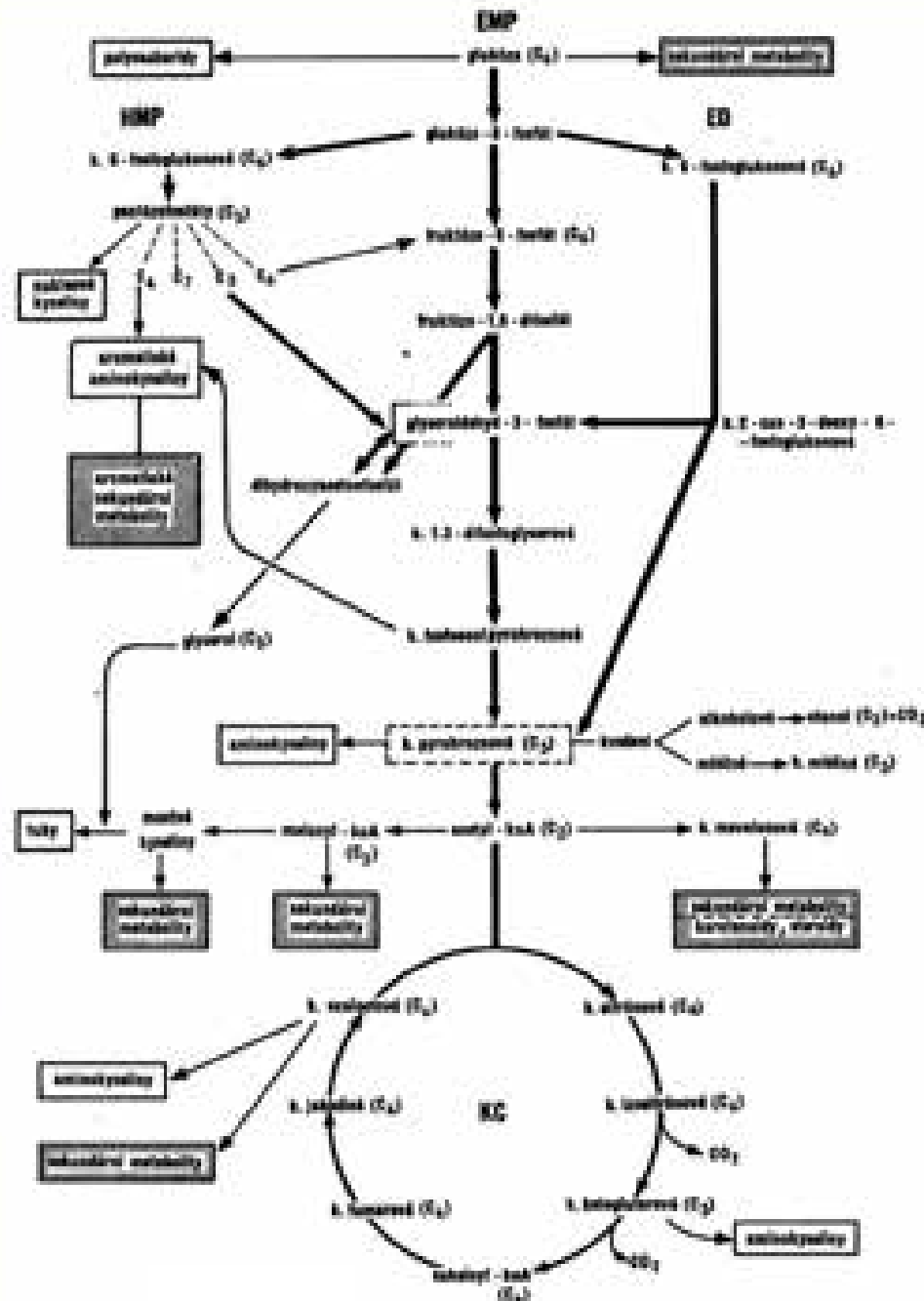


Výhody fermentace:

1. **Dovoluje přežití některých organismů v podmínkách nedostatku kyslíku.**
2. **Dodává navíc ATP když aerobní systém nemůže pokrýt požadavek na ATP**

Nevýhody fermentace:

1. **Konečné organické produkty jsou toxické (kys. mléčná, ethanol).**
2. **Tento jev je neefektivní: pouze 2 molekuly ATP vznikají na 1 molekulu glukózy.**



Hlavní metabolické dráhy pro přeměnu monosacharidů u hub:

EMP - Embden-Meyerhoff Parnasova dráha

HMP - Hexózo-monofosfátová dráha (dovoluje produkci pentóz pro syntézu nukleotidů)

ED – Entner-Doudoroffova dráha (běžná u bakterií, neprůkazná u hub)

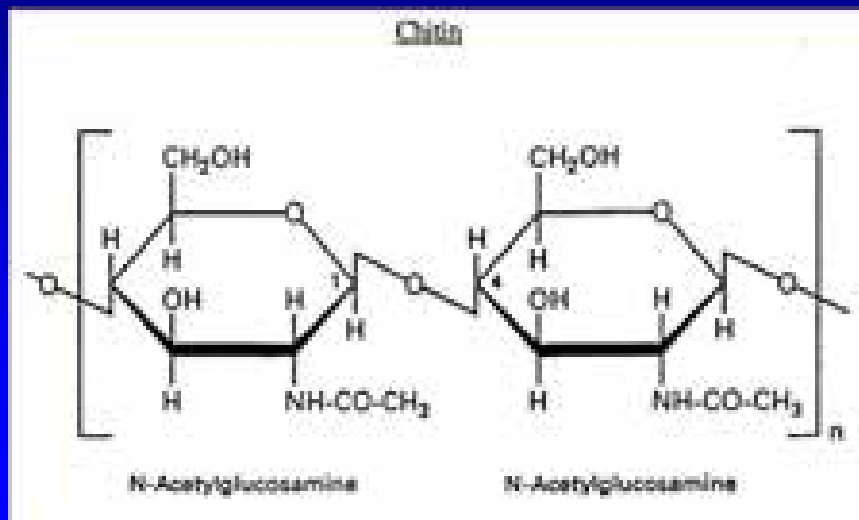
KC – Krebsův cyklus

2. SYNTÉZA POLYSACHARIDŮ

- Polysacharidy (mannany, glukany (větvené polymery glukózy) a chitiny) jsou základní složkou buněčných stěn většiny hub
- Monomery cukrů, ze kterých tyto polysacharidy vznikají (N-acetylglukosamin a glukóza) jsou enzymaticky přidávány na konec rostoucího řetězce.

SYNTÉZA CHITINU

Fruktozo-6-fosfát je přeměňován na N-acetylglukosamin přidáním aminové skupiny a acetylové skupiny (z acetyl-koenzymu A), potom je N-acetylglukosamin polymerován na chitin



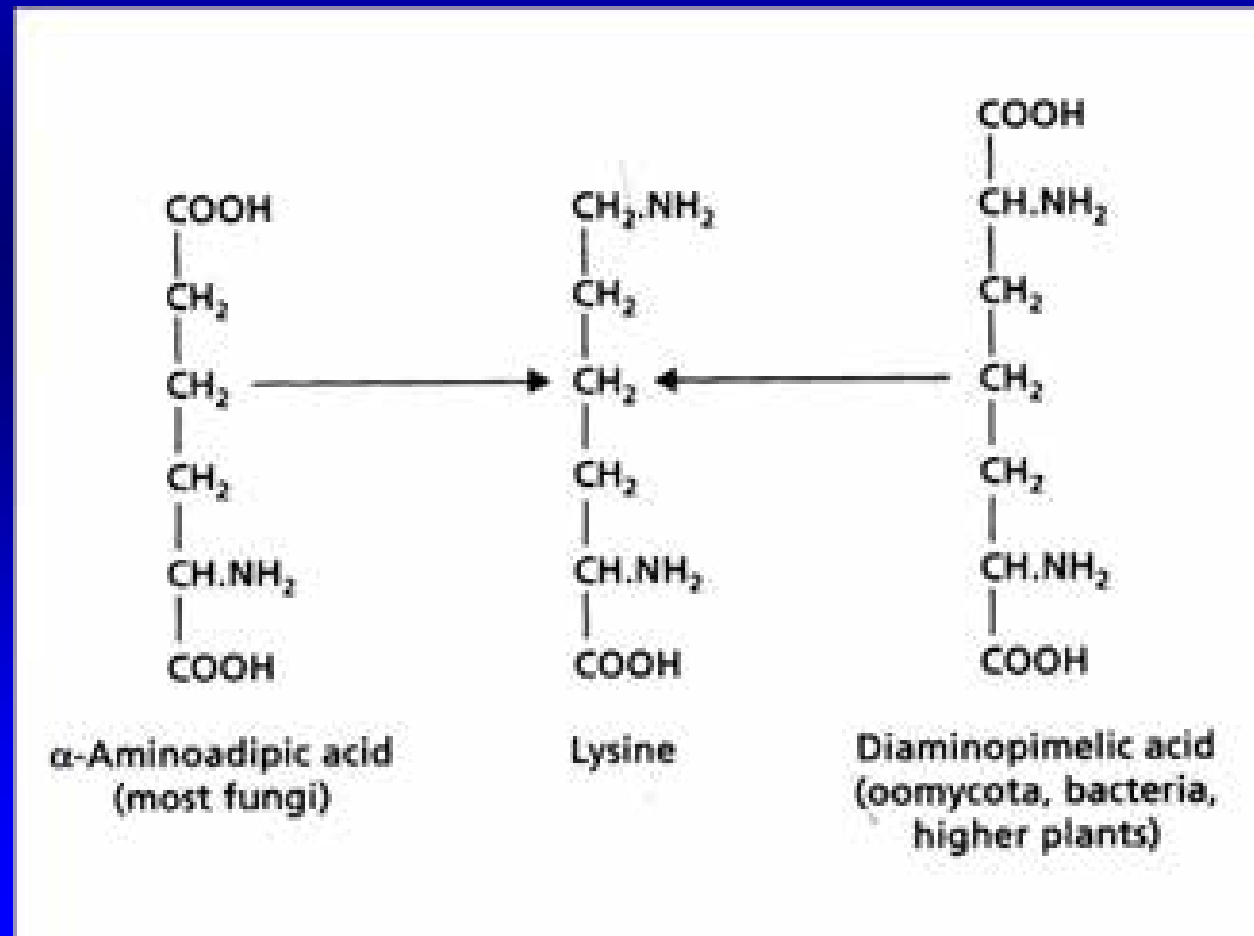
Chitin

<http://patentimages.storage.googleapis.com/EP0656215A1/imgb0005.png>

3. BIOSYNTÉZA AMINOKYSELINY LYSINU

Probíhá 2 způsoby:

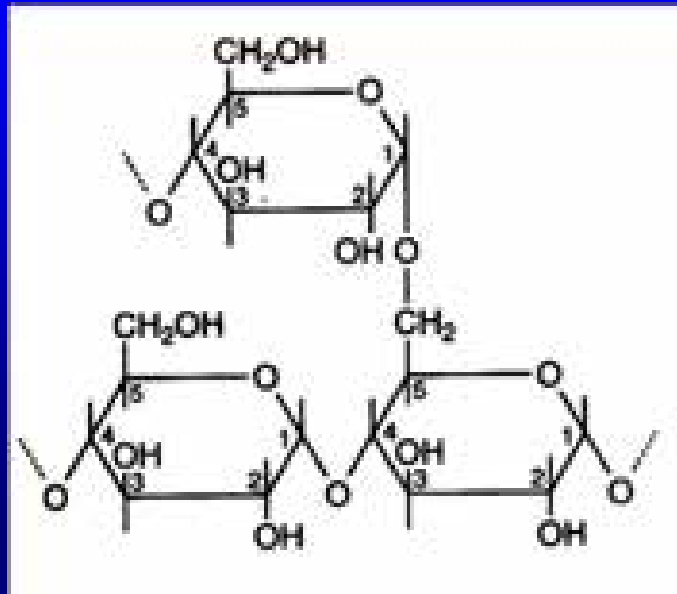
1. Přes Alfa aminoadipovou kyselinu (AAA): u hub obsahujících chitin (tj. většina hub) a některých krásnooček.
2. Přes Diaminopimelovou kyselinu (DAP): Rostliny, bakterie a Chromista (Oomycota)



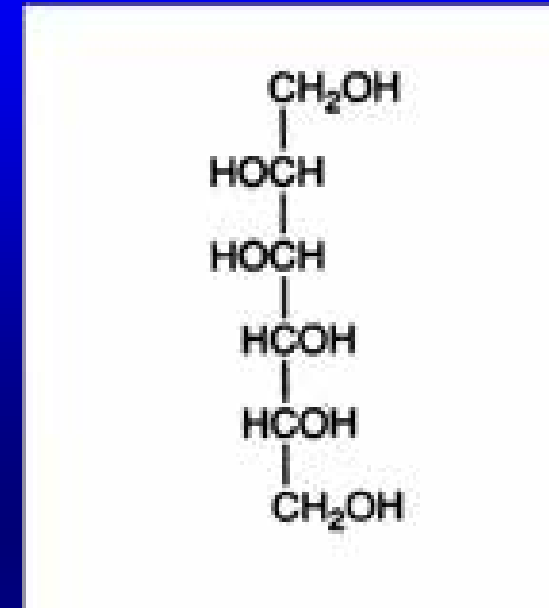
4. ZÁSObNÍ LÁTKY

- Velmi rozšířenou zásobní látkou u hub a hlenek, podobně jako u bakterií, protozoí a živočichů je polysacharid **GLYKOGEN**. Glykogenové granule mohou tvořit až 10% váhy sušiny hub.
- Rozpustné sacharidy nízké molekulové váhy se také vyskytují u hub jako rezervní látky. Např. disacharid **TREHALÓZA** je běžná zásobní látka.
- Cukerné alkoholy (polyhydrické alkoholy nebo **POLYOLY**) jsou také běžnými zásobními (častěji translokačními) látkami u hub, a z nich **MANITOL** a **ARABITOL** jsou zvláště rozšířené.
- **LIPIDY** se vyskytují v hyfách ve formě kapiček.
- Trehalóza a Polyoly mohou tvořit až 15% váhy sušiny hub a sloužit jako hlavní **translokační sacharidy**.
- **POLYFOSFÁTOVÉ GRANULE** mohou také sloužit jako rezervní látky u hub.
- Oomycota (Chromista) nemají žádný z typických houbových sacharidů. Místo toho, uchovávají látky jako **LIPIDY** a rozpustné **MYKOLAMINARINY**, a translokují glukózu nebo podobné cukry.

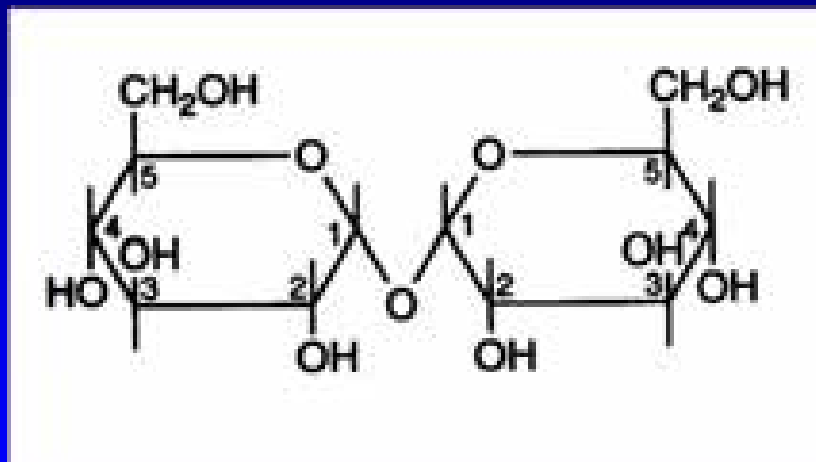
Čtyři nejběžnější zásobní látky u hub



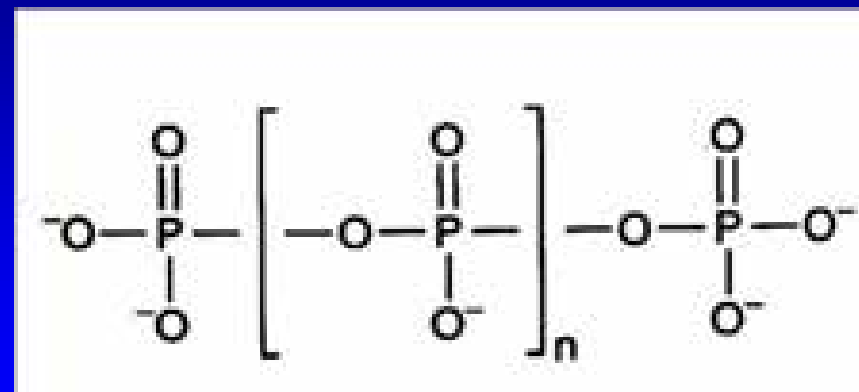
Glykogen



Mannitol



Trehalóza



Polyfosfát

5. BIOLUMINESCENCE HUB

- **Produkce světla beze vzniku tepla** – se vyskytuje u mnoha organismů, jako např. bakterie, dinoflageláta (obrněnky), bezobratlí a houby. Chemická energie redukované molekuly je transformována v energii světelného kvanta.
- Okolo 40 druhů stopkovýtrusných hub (zástupci 9 rodů), jsou schopni bioluminiscence. Tyto zahrnují václavku obecnou (*Armillaria mellea*), hlívu olivovou (*Omphalotus olearius* (synonym *Clitocybe illudens*),) a pařezník obecný (*Panellus stipticus*). Obojí dvojí plodnice a mycelia obou posledně jmenovaných druhů světélkují, u václavky svítí pouze mycelium.
- Není zatím dostatečně prozkoumána biochemie luminiscence a zda se jedná o stejný jev jako se vyskytuje u hmyzu (luciferáza - luciferin), ačkoliv se to zdá být velmi pravděpodobné. Mnoho světélkujících hub jsou saprofyté žijící na rozkládajících se rostlinných zbytcích, zdá se pravděpodobné, že pomocí této reakce dochází k detoxifikaci peroxidů, které jsou uvolňovány během degradace ligninu.

▪ V luminiscenční reakci, světlo je produkováno oxidací luciferinu (což je pigment), kdy je potřeba dodávat energii prostřednictvím adenosin trifosfátu (ATP). Rychlost této reakce mezi luciferinem a kyslíkem je extrémně pomalá, pokud je stimulována enzymem luciferázou, často také zprostředkována přítomností iontů vápníku (analog kontrakce svalů).

▪ Reakce probíhá ve dvou krocích:

Luciferin + ATP → luciferyl adenylat + PP

luciferyl adenylat + O₂ → oxyluciferin + AMP + světlo



<http://cdn.expressdebanat.ro/wp-content/uploads/2013/10/Omphalotus-Olearius.jpg>

Hlíva olivová (*Omphalotus olearius*)

<http://www.lycaeum.org/my/glow/olear3glow.jpg>



https://c2.staticflickr.com/8/7188/6877542215_ef9434def1_z.jpg



http://oddstuffmagazine.com/wp-content/uploads/2012/02/a97309_g195_9-luminoscent.jpg

**Zástupce rodu *Mycena* – nově objevena
schopnost luminiscence**

<http://il.youtube.com/watch?v=PV0BJFgUnyE&feature=related>

<http://il.youtube.com/watch?v=B3-UrZzm-s4&feature=related>

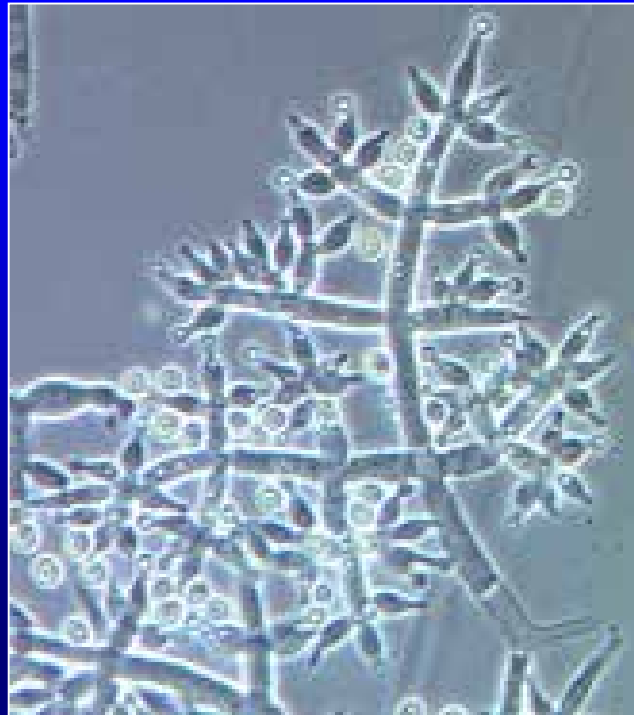
<http://www.youtube.com/watch?v=XC Oiem0pLMU>

- Rozklad opadaných listů začínají mikroskopické houby (někteří zástupci skupiny Deuteromycota – *Penicillium*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Trichoderma* a Zygomycota,) které využívají celulózu a hemicelulózy.
- Potom jsou listy kolonizovány makroskopickými houbami (Basidiomycota, e.g. *Laccaria laccata*, *Collybia*, *Mycena* sp., *Marasmius*, *Clitocybe*, *Tricholoma*, *Agaricus*), které mají ligninolytické enzymy
- Většina hub rozkládající listový opad (Basidiomycota) jsou neselektivní. Pouze několik druhů je považováno za taxonově (rodově, druhově) specifické.
- Opad jehličnatých stromů (jehlice) je spojován se specifickými houbovými druhy (*Lophodermium*, *Cladosporium*, *Epicoccum*), Basidiomycota – *Marasmius androsaceus*)
- Průměrná doba rozkladu listů na humus je 2-3 roky, jehličí se rozloží na humus za 8 i více let.



***Gliocladium* sp.**

http://www.doctorfungus.org/thefungi/img/gli1_1.jpg



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4d/Trichoderma_harzianum.jpg/220px-Trichoderma_harzianum.jpg

***Trichoderma* sp.**



***Penicillium* sp.**

Foto: M. Sedlářová



http://www.granadanatural.com/imagenes/hongos_fichas/laccaria-laccata-eduardo-alh-jatar-6w1.jpg

Lakovka laková
Laccaria laccata

Penízovka hlíznatá
Collybia tuberosa

<http://mushroomobserver.org/images/960/175527.jpg>



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/36/Mycena_pura_a.-lindsey.jpg

Mycena pura
Helmovka ředkvičková





***Collybia* spp. na listovém opadu**

http://www.francini-mycologie.fr/LA_PAGE_DU_DEBUTANT/Collybia_confluens.jpg



http://www.paddenstoel.nl/images/marasmius_rotula_huijser2.jpg

Špička kolovitá *Marasmius rotula*



[http://www.mycobel.be/photomyco/clitocybe_ditopa_\(vd\)_1.jpg](http://www.mycobel.be/photomyco/clitocybe_ditopa_(vd)_1.jpg)

Strmělka aromatická *Clitocybe ditopa*



**Čírůvka sírovožlutá
*Tricholoma sulphureum***

http://nd03.jxs.cz/165/897/53bbd7c604_90261013_o2.jpg



© - Josef Hlasek
www.hlasek.com
Marasmius androsaceus ab 2730

http://www.hlasek.com/foto/marasmius_androsaceus_ab2730.jpg

Marasmius androsaceus
Špička žíněná



Lophodermium piceae
Sypavka

http://www.nahuby.sk/images/fotosutaz/2009/04/23/martin_kriz_150230.jpg

- Šišky různých druhů rozkládají např. penízečka drobnovýtrusá (*Baeospora myosura*) a penízovky (*Strobilurus*)



http://www.mykoweb.com/photos/large/Baeospora_myosura%28mgw-04%29.jpg

Penízečka drobnovýtrusá
(*Baeospora myosura*)

http://www.hlasek.com/foto/strobilurus_esculentus_a8996.jpg



Strobilurus esculentus
Penízovka smrková

4. HOUBY ROSTOUCÍ NA SPÁLENIŠTÍCH

- Přirozené požáry jsou normální, cyklické události, které mají za úkol vyčistit vegetaci.
- Houby, které nacházíme na spáleništích, nazýváme foenikoidní, pyrofilní, antrakofilní, mohou být buď striktně vázány na spáleniště, nebo alespoň preferovat výskyt na spáleništích nebo z toho mají zvýšený prospěch na rozdíl od ostatních stanovišť.



http://fornica.cz/wordpress/wp-content/uploads/IMG_3856.jpg



Morchella elata Smrž vysoký

<http://www.mushroomthejournal.com/bestof/images/Melata.jpg>

Účinek požárů:

1. Stimuluje klíčení spor mnoha druhů hub (mnoho z těchto spor je v dormantním stadiu v půdě)
2. Stimulují sklerocia některých druhů k produkci plodnic.
3. Zabíjejí mnoho půdních mikroorganismů, kteří jsou antagonističtí houbám nebo s nimi soupeří o živiny.
4. Mění chemismus půdy, vzniklý popel dočasně zvyšuje alkalinitu půdy (což potřebuje většina antrakofilních hub)

Způsob výživy některých antrakofilních hub:

1. Rozkládají opad a jemné kořínky (*Anthracobia, Ascobolus*)
2. Rozkládají dřevo – *Peziza*
3. Jsou spjaty s živými kořínky – *Rhizina* (fakultativní parazit, a může přežívat na mrtvém pařezu nebo kořenech).
4. Žijí v symbióze s živými kořeny (mykorhiza) – *Geopyxis*

Zástupci antrakofilních hub:

Rhizina undulata, *Geopyxis carbonaria*, *Pyronema omphalodes*,
Pholiota carbonaria, *Coprinus*, *Peziza*

Mnoho hub rostoucích na spáleništích, jsou v podstatě bryofilní druhy, které jsou spjaty s mechy a játrovkami, které jsou typické pro stará spáleniště.

http://www.discoverlife.org/mp/20p?img=l_MWS66269&res=640



[http://www.mykoweb.com/CAF/photos/large/Geopyxis_carbonaria\(mgw-03\).jpg](http://www.mykoweb.com/CAF/photos/large/Geopyxis_carbonaria(mgw-03).jpg)

Geopyxis carbonaria
Zvoneček uhelný
- ektomykorhizní houba



Kořenitka nadmutá
***Rhizina undulata* – saprofyt, může se změnit v parazita jehličnanů**



<http://fungi.myspecies.info/sites/fungi.myspecies.info/files/Munro0001a.jpg>

Anthracobia melaloma
Spálenitka uhelná



http://chawantake.sakura.ne.jp/image/Pyronema_omphalodesL.jpg

Pyronema omphalodes Ohnivka spáleništní-
saprofyt na čerstvých spáleništích



http://mycoweb.narod.ru/fungi/Submitted/MVK/Pholiota_highlandensis_MVK_20040718.jpg

Šupinovka spáleništní
Pholiota highlandensis



© Achim Boltmann

Řasnatka spáleníštní *Peziza ampelina*

<http://www.pilzfreun.de/wp-content/uploads/2012/01/Peziza-ampelina-bo.jpg>

5. HOUBY NA PASTVINÁCH A LOUKÁCH

- Všichni zástupci se živí na rozkládajících se kořenech trav a jejich nadzemních částech, již zašlapaných do půdy. Mykorhizní typy zde chybí.
- Charakteristickými druhy jsou velké rody *Hygrocybe*, *Agaricus campestris*, *Agaricus arvensis*, *Lepiota procera*, *Marasmius oreades*.
- Čarodějné kruhy (fairy-rings) jsou kruhy tmavě zelené trávy, které se často vyskytují na loukách a golfových hřištích. Velikost těchto útvarů je od 1 m do 200 m v průměru. V pozdním létě se v těchto útvarech vyskytují také plodnice – *Marasmius oreades*, *Agaricus arvensis*, *Lepiota procera*.
- Některé z těchto hub, jsou schopny rozkládat humusovou frakci v půdě; mycelium tak uvolní většinu dostupného dusíku a fosforu a tráva ho může ve vyšší míře přijímat, proto dochází k růstu vyšší a zelenější trávy. Ovšem jak mycelium roste dál, tak se stává hustější a spotřebovává více N a P, a tak tráva rostoucí nad ním trpí nedostatkem těchto živin. Proto uvnitř těchto kruhů je tráva v horší kondici, nebo dokonce odumřelá.



http://www.fichasmicologicas.com/uploads/tx_txgastromicologia/Agaricus_arvensis.jpg

***Agaricus arvensis* Pečárka ovčí**



<http://www.funghiitaliani.it/uploads/post-127-1127354668.jpg>

Pečárka polní *Agaricus campestris*



http://www.lospirineos.info/setas/setas/Macrolepiota_procera2.jpg

Bedla vysoká *Macrolepiota procera*



Špička obecná *Marasmius oreades*

http://www.fichasmicologicas.com/uploads/tx_txgastromicologia/Marasmius_Oreades.jpg



Šťavnatka citrónová
Hygrocybe chlorophana

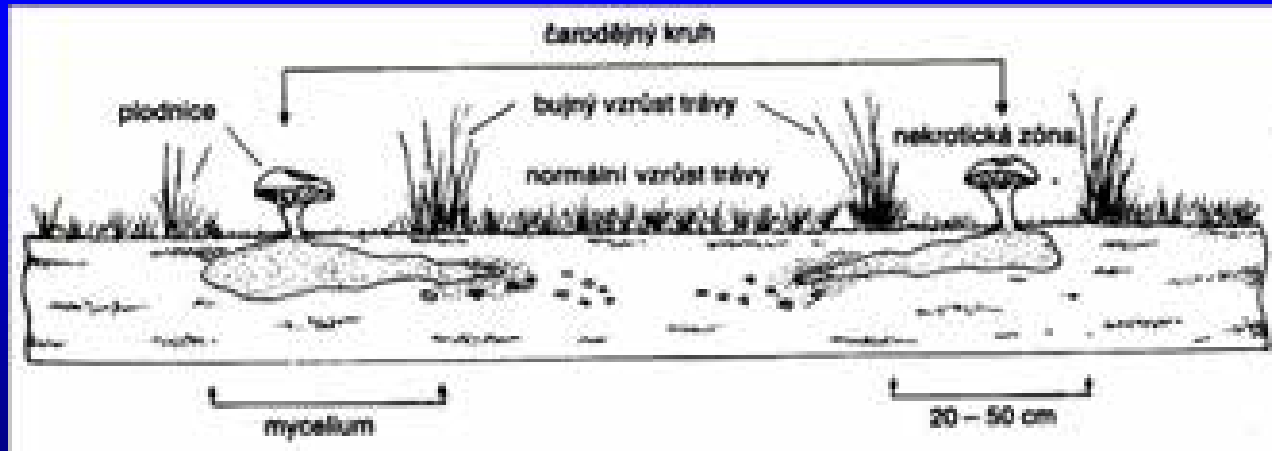
http://www.bioref.lasdragon.org/Agaricales/Hygrocybe_chlorophana_DSCF0087.jpg



Šťavnatka šarlatová
Hygrocybe coccinea

http://www.hlasek.com/foto/hygrocybe_coccinea_ac7965.jpg

Čarodějné kruhy



Klán, 1989



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/98/Fairy_Ring_0004.JPG/220px-Fairy_Ring_0004.JPG

Čarodějné kruhy – kruhy zelenější trávy způsobené uvolněním P a N do půdy činností hub



<http://www.pinning.com/originals/86/c5/a5/86c5a5795b54905ef9c252a0a116f404.jpg>

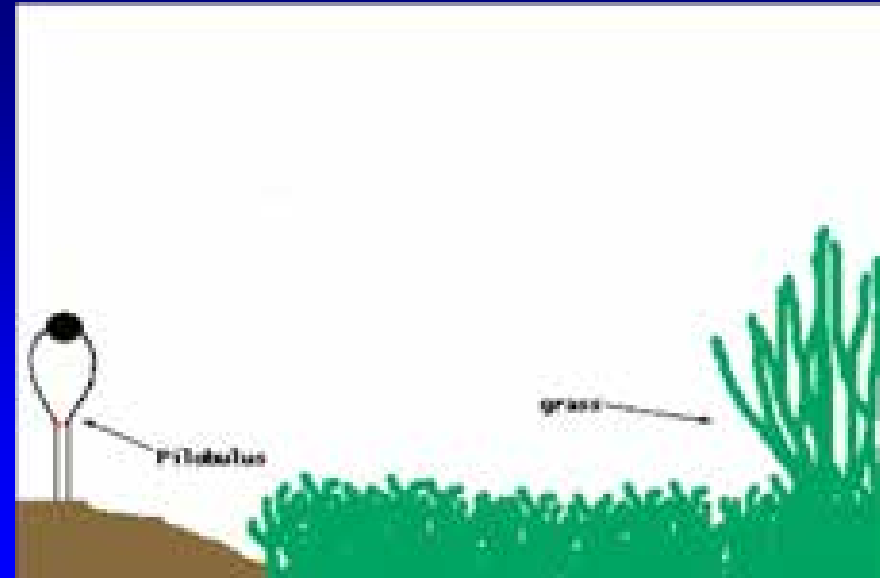
6. HOUBY ROSTOUCÍ NA VÝKALECH (KOPROFILNÍ HOUBY)

▪ Výkaly jsou dalším zdrojem organického materiálu a potenciálním domovem pro saprotrofy. Z hlediska houby, jsou pro ně atraktivnější výkaly herbivorů (obsahují rostlinný materiál, strávený v různé míře), na druhou stranu bakterie jsou daleko více zodpovědné za rozklad výkalů masožravců a všežravců.

▪ Okolo 175 rodů vřeckovýtrusých hub (Ascomycota) se výhradně vyskytuje na výkalech. Také zástupce Basidiomycota, rod *Coprinus* (hnojník) má mnoho druhů, které se vyskytují pouze na výkalech; dále existují zástupci Zygomycota (jako např. *Pilobolus*, měchomršť), kteří obývají výkaly.

Jediný spolehlivý způsob, jak dosáhnout toho, aby houba mohla využívat výkaly – je: nechat se sežrat nějakým býložravcem.

- 1. Houby rostou na výkalech a také tam i tvoří plodnice nebo rozmnožovací útvary.**
- 2. Zvířata však většinou nepožírají své vlastní výkaly.**
- 3. Proto musí houby mít určitý mechanismus, kterým uvolňují spory na určitou vzdálenost od výkalů na trávu, aby zvýšili pravděpodobnost, že budou sežrány býložravcem.**



***Pilobolus*, měchomršť**

<http://herbarium.usu.edu/fungi/FunFacts/trajectory.gif>

SUKCESE NA VÝKALECH

Zpočátku se myslelo, že následnost houbových druhů, kteří se vyskytují na výkalech, je založena na nutričním hledisku.

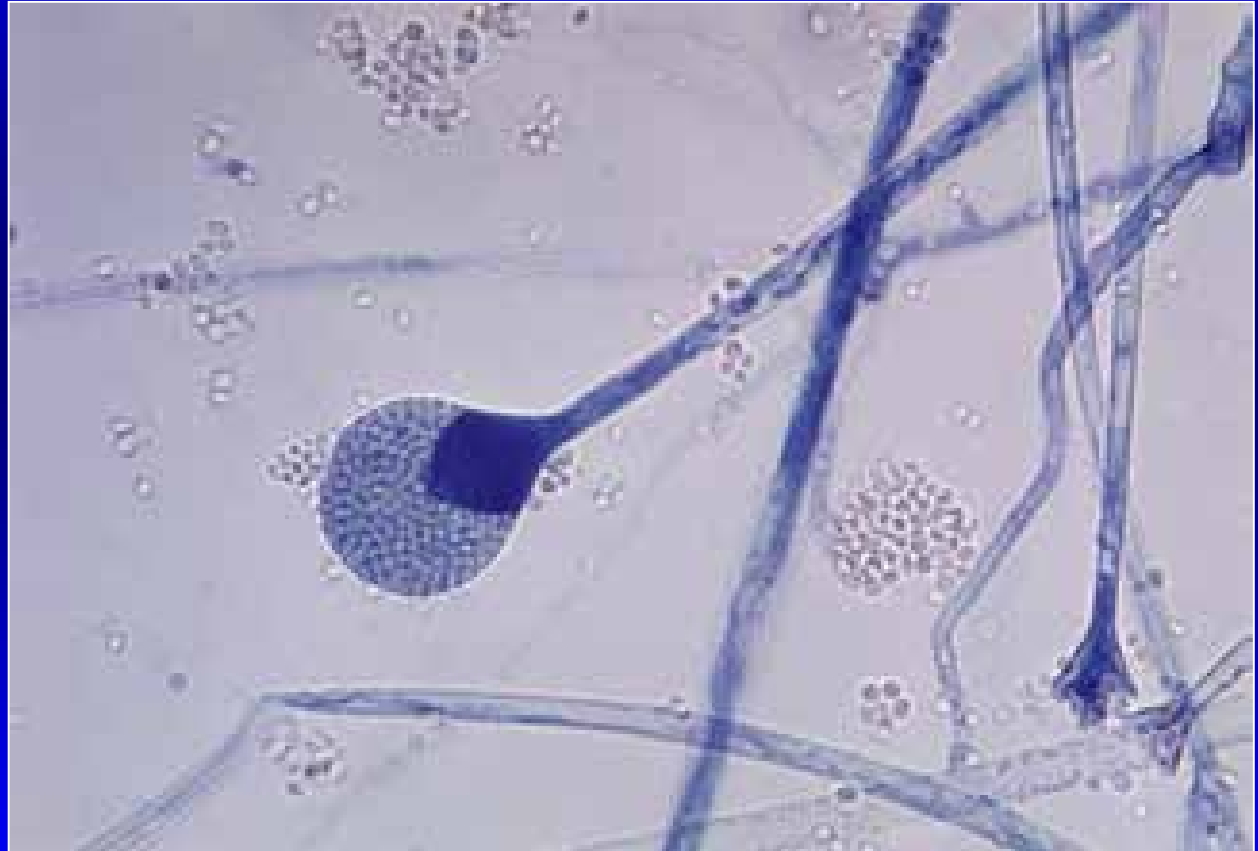
1. Zygomycetes dovedou rozkládat pouze lehce dostupné zdroje uhlíku, jako např. cukry. Jejich rychlý růst jim dává výhodu najít tyto zdroje a jejich brzké zmizení se přičítá tomu, že prostě spotřebovali dostupné zdroje potravy (Příklady zástupců: *Pilaira*, *Pilobolus*, *Mucor*)
2. Vřeckovýtrusné houby (Ascomycota) a konidiální anamorfy, které se vyskytují později, jsou schopni využívat složitější uhlíkaté zdroje, jako jsou např. celulóza a hemicelulóza (Příklady zástupců: *Ascobolus*, *Podospora*, *Sordaria*)
3. Stopkovýtrusé houby (Basidiomycota), se vyskytují poslední a jejich výskyt trvá nejdéle, jsou schopny využívat i celulózu i lignin (Příklady zástupců: *Coprinus*, *Stropharia*, *Panaeolus*). *Coprinus* sp. může být antagonistický k jiným druhům hub.

ZYGOMYCOTA



<http://zygomycetes.org/images/18.jpg>

***Pilaira* sp.**



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/Mature_sporangium_of_a_Mucor_sp_fungus.jpg

***Mucor* sp.**



http://m6.i.pbase.com/o6/46/721546/1/144606476_XdkCLS0N_MG_4787.jpg

***Pilobolus cristalinus* Měchomršť**

ASCOMYCOTA



<http://www.uoguelph.ca/~gbarron/MISCELLANEOUS/asco1.jpg>

Ascobolus furfuraceus
Hovník obecný



<http://www.ambmuggia.it/forum/uploads/post-3-0-84389900-1295703639.jpg>

***Podospora* sp.**



<http://www.uoguelph.ca/~gbarron/MISCE2002/sordar2.jpg>

Sordaria fimicola
Hnojenka

BASIDIOMYCOTA



[http://www.mykoweb.com/CAF/photos/large/Psilocybe_cyanescens\(fs-01\).jpg](http://www.mykoweb.com/CAF/photos/large/Psilocybe_cyanescens(fs-01).jpg)

***Psilocybe* sp. (Lysohlávka)**



<http://cdn.c.photoshelter.com/img-get2/I0000cBI.5IC8678/fit=1000x750/elephant-dung-mushrooms.jpg>

***Panaeolus* sp. (Kropenatec)
rostoucí na výkalu slona**



Foto: B. Mieslerová

***Coprinus commatus*
Hnojník obecný**

- Další hypotéza je založena na času, který každá houba potřebuje k tomu, aby získala dostatek živin a mohla vytvořit plodnice.
- Zjistilo se, že jednoduché sporangiofory Zygomycetes se vyvíjejí relativně krátkou dobu, zatímco více vyvinuté plodnice Ascomycota potřebují delší dobu ke svému vývinu, a největší zástupci Basidiomycota, jako je např. *Coprinus* potřebují nejdelší dobu, než jsou schopni vytvořit plodnice.
- Tato hypotéza je pravděpodobnější, protože jestliže necháme růst některé koprofilní houby v laboratorních podmínkách, bylo zjištěno, že druhu *Mucor hiemalis* trvá 2-3 dny aby začal sporulovat, zatímco druh *Sordaria fimicola* k tomu potřebuje 9-10 dní, a druh *Coprinus heptemerus* 7-13 dní.

7. HOUBY V PŮDĚ

- **Půda, do které se dostává většina rostlinných zbytků, je sama o sobě soubor mikrostanišť, a je nejbohatší rezervoár houbové diverzity. Vlhkost v tomto stanovišti hraje velkou roli**
- **Rostlinné zbytky v půdě jsou početné a mohou být zužitkovány řadou různých mikroorganismů**
- **Zóna obklopující kořeny (rhizosféra, rhizoplan) je živý substrát pro parazity, mykorhizní houby a saprofyty.**
- **Houby rostou v mezerách mezi částčkami půdy, kde jim zdroj živin poskytují částice organického materiálu nebo kořeny rostlin.**
- **Kořeny rostlin uvolňují polysacharidy a mukopolysacharidy, které jim umožňují hladké pronikání skrze půdu. Kořeny produkují některé další sloučeniny - proteiny, aminokyseliny, organické kyseliny a cukry. Houby, bakterie a živočichové zužitkovávají živiny uvolňované kořeny.**
- **Klíčení některých houbových spor je ovlivněno kořenovými exudáty.**
- **Mnoho z těchto konidiálních hub v půdě produkuje antibiotické sloučeniny.**

Zástupci:

Deuteromycota: *Aspergillus, Penicillium, Fusarium, Trichoderma, Gliocladium, Rhizoctonia*, (nesporuluje, ale produkuje mycelium), v půdě jsou také nacházena sklerocia

Zygomycota: *Mucor, Absidia, Mortierella, Rhizopus*

Ascomycota: *Gymnoascus, Chaetomium*

Basidiomycota: mycelium stopkovýtrusých hub je v půdě běžné, ale těžko identifikovatelné

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4d/Trichoderma_harzianum.jpg/220px-Trichoderma_harzianum.jpg



***Trichoderma* sp.**

DEUTEROMYCOTA



Foto: M. Sedlářová

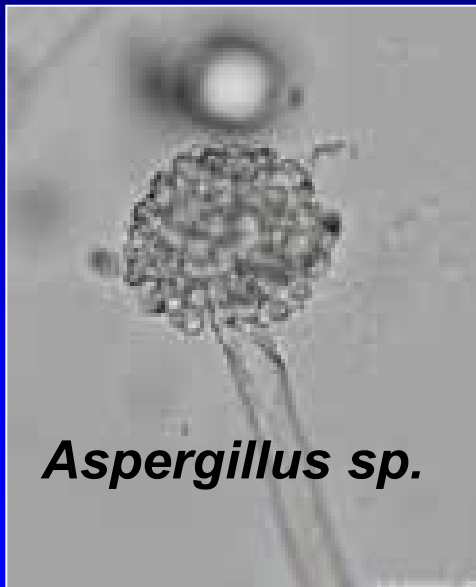
***Fusarium* sp.**

***Rhizoctonia* sp.**



Gliocladium

<http://www.doctorfungus.org/thefungi/img/gli1.jpg>



***Aspergillus* sp.**



***Penicillium* sp.**

ZYGOMYCOTA



***Absidia* sp.**

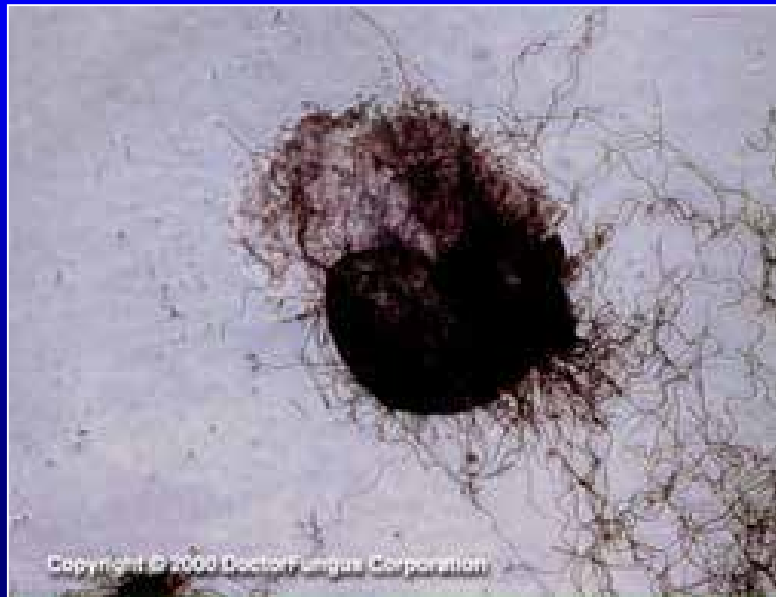
<http://www.doctorfungus.org/thefungi/img/025mike.jpg>



***Mucor* sp.**

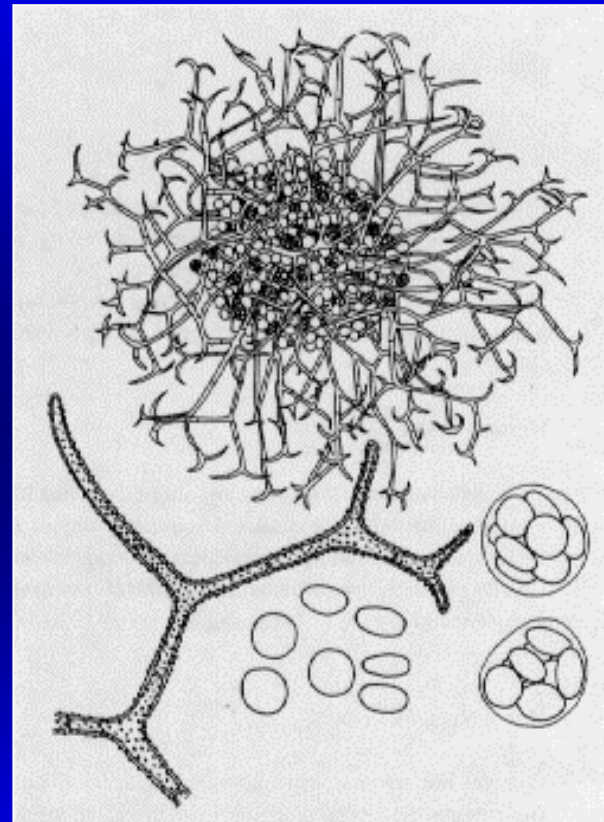
<http://www.mycology.adelaide.edu.au/gallery/zygomycetes/mucor2.gif>

ASCOMYCOTA



Chaetomium sp.

http://www.doctorfungus.org/thefungi/img/cha1_1.jpg



Gymnoascus sp.

http://website.nbm-mnb.ca/mycologywebpages/Moulds/illustrations/Gymnoascus_drawing.jpg

8. VODNÍ HOUBY

- Existují houby, které stráví celý svůj život pod vodou a mají jasné adaptace na tento způsob života. Ostatní houby nacházené ve vodě mohou strávit pouze část svého života ve vodě a jsou v podstatě suchozemské. Existuje daleko méně striktně vodních hub než suchozemských s adaptacemi na vodní způsob života.
- Houby mohou být nacházeny v jezerech, řekách, nádržích a ve slané vodě – slaná jezera, otevřené moře a hluboké oceány
- Některé houby jsou saprofytické, ale ostatní žijí na rostlinách nebo živočiších jako parazité.
- Většinou jsou tyto houby mikroskopické nebo velmi malé.

8. A. SLADKÁ VODA

HOUBY PRODUKUJÍCÍ ZOOSPORY (OOMYCOTA (CHROMISTA), CHYTRIDIOMYCOTA)

- Na rozdíl od parazitů řas a živočichů, fungují jako saprofyté zužitkovávající celulózu, chitin a keratin. Většina z nich nedovede využívat jednoduché cukry, a potřebují organické zdroje dusíku (často materiály bohaté na proteiny)

- CHYTRIDIOMYCOTA: vyskytují se na mrtvých organických materiálech (obsahujících celulózu, chitin); někteří zástupci kolonizují pylová zrna, která padají do vodních nádrží (např. *Rhizophidium*).

Zástupci rodu *Blastocladiella* se vyskytují jako bílé pustule na jablkách ponořených pod vodou na několik týdnů.

- OOMYCOTA: někteří zástupci jsou nacházeni na stanovištích s malým množstvím kyslíku (např. rod *Leptomitus* může tolerovat nižší množství kyslíku - a je často izolován z vody, která je znečištěná splašky s mastnými kyselinami.

- Saprolegniales – na rostlinných a živočišných zbytcích a někteří z nich jsou parazité.

CHYTRIDIOMYCOTA

<http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/barr/4-18.jpg>



Blastocladiella emersoni,
saprotróf na mrtvých tělech
hmyzu



Monoblepharella sp. ,
zoosporangia

<http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/barr/4-21.jpg>



Rhizophidium sp.
Na odumřelých částech
rostlin

http://img13.rajsce.idnes.cz/d1302/4/4459/4459604_d5f9bc7860dd2ef3e76d95670584fa22/images/Rhizophyidium_Chytridiomycetes.Chytridiomycota_Chytridie_PP-pylove_zrno.jpg

OOMYCOTA



Leptomitium lacteus

http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/Galleries/Klos/Bavaria/Leptomitium_1.jpg



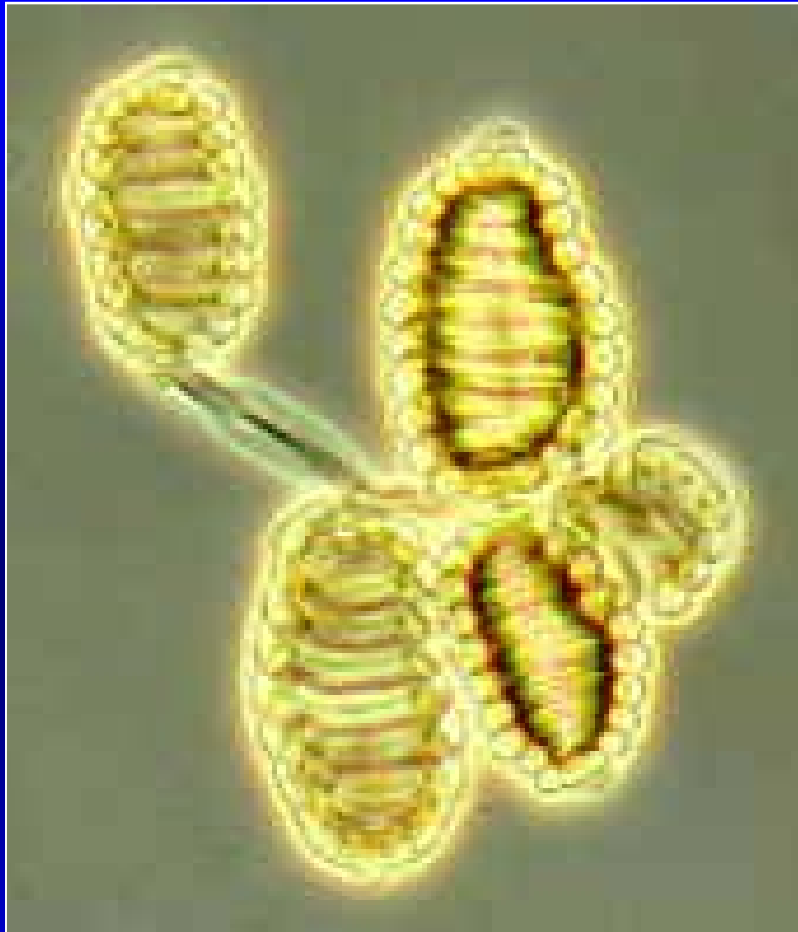
***Saprolegnia* sp.**

<http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Eumycota/Saprolegnia/Saprolegnia.jpg>

VYŠŠÍ HOUBY VE SLADKÉ VODĚ

- Existuje zde značné množství druhů vyšších hub, které rostou a sporulují ve vodě – díky sekundárním adaptačním strukturám, které původně vycházely ze suchozemských podmínek (askokarpy, basidiospory, konidie).
- Zahrnují některé zástupce Basidiomycota, některé Ascomycota a mnoho zástupců Deuteromycota (většina z nich jsou tzv. AQUATIC HYPHOMYCETES (VODNÍ HYFOMYCETY)).
- Někteří zástupci vodních hyfomycet rostou na listech ve stojaté vodě; mnoho dalších je nacházeno v tekoucích vodách a často mají tetraradiální spory (adaptace na pomalou sedimentaci – dovoluje delší čas pro rozšíření): *Tricladium*, *Articulospora*, *Tetrachaetum*
- Tyto houby hrají roli v upravování a zpracovávání listového opadu tím, že ho činí stravitelný a výživný pro vodní bezobratlé. Dovedou využívat polymery jako celulózu, také používají pektinázy a hemicelulózy. Mikro-fauna zužitkovává jednak trehalózu, glykogen, ale i vitamin B a ergosterol, které produkují právě tyto houby.

ASCOMYCOTA



Konidiofory *Helicoon* sp. rostou na opadaných listech a vyčuhují z vodní hladiny

http://www.mycolog.com/11-59_Helicoon4.jpg

AQUATIC HYPHOMYCETES



http://www.discoverlife.org/IM/1_MWS/0485/320/Tetracladium_setigerum.I_MWS48500.jpg

Tetrachaetum sp.

http://www.discoverlife.org/IM/1_MWS/0485/320/Tricladium_angulatum.I_MWS48534.jpg



Tricladium sp.

8. B. MOŘSKÉ HOUBY

- Některé houby jsou mořské, ale jejich počet je relativně malý a reprezentují pouze maličkou část všech živých organismů žijících v moři.
- Pouze asi 500 druhů hub je nacházeno v moři.
- Některé z nich jsou parazité na mořských řasách a vyšších rostlinách nebo rostou symbioticky s řasami.
- Většina jsou saprofyty na řasách, dřevě, kořenech a mořských rostlinách. Většina těchto hub rozkládajících dřevo může být sbírána na malých blocích dřeva ponořených pod vodu (schopny degradovat celulózu a způsobující měkkou hnilobu).
- Zástupci: Oomycota, Chytridiomycota, Labyrinthulomycota (okolo jednoho sta druhů Thraustochytrium)
- Velká většina jsou Ascomycota, zvláště pyrenomycetes (*Lulworthia*, *Halospaheria*, *Ceriosporopsis*), a pouze několik z nich jsou Basidiomycota
- Musí mít určité fyziologické adaptace na život ve slané vodě.

<http://mangrove.nus.edu.sg/guidebooks/photos/1077.jpg>



***Lulworthia* sp.** je mořský druh (Ascomycota) obvykle nacházen na listech mangrovových porostů. Ostatní druhy byly pozorovány na plaveném dřevě ponořeném ve vodě.

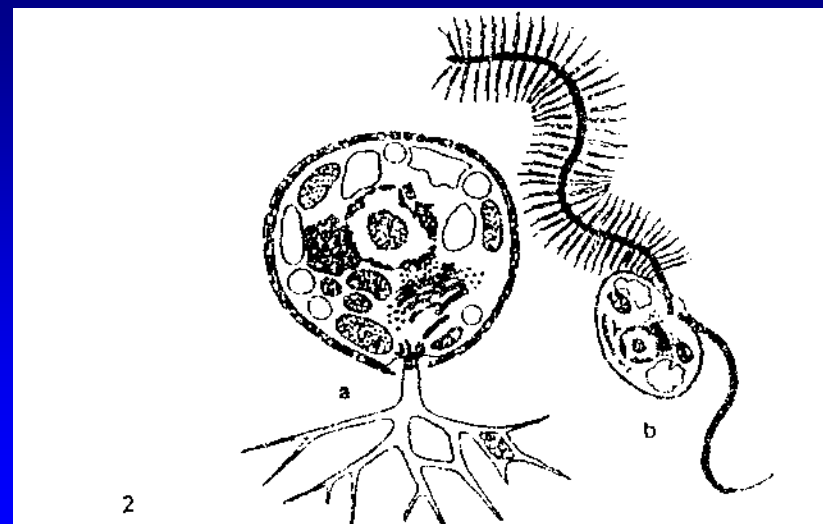
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ncbiinfo/pubs/pubmed/15141080/PMID/15141080>



Halocyphina villosa je mořský druh Basidiomycota běžný na mangrovových porostech.

***Thraustochytrium* sp.**

Kalina, Váňa, 2005



ROZMNOŽOVÁNÍ LIŠEJNÍKŮ

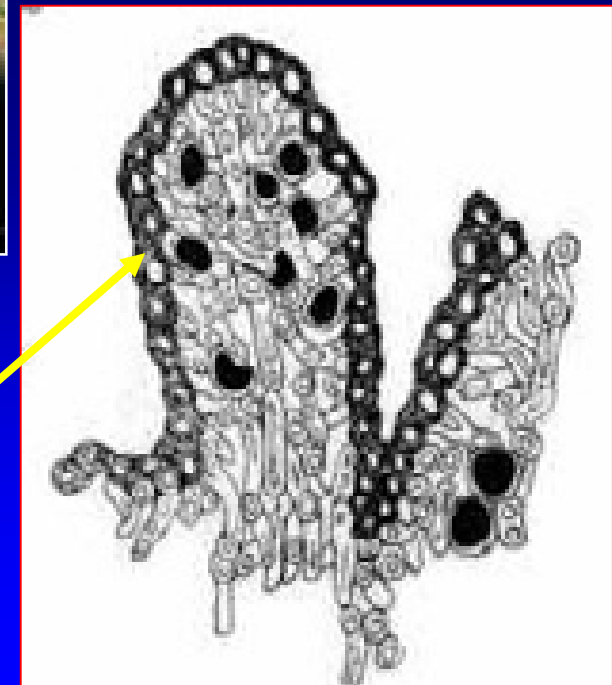
- Lišejníky vytváří velké množství **VEGETATIVNÍCH ROZMNOŽOVACÍCH STRUKTUR**, obsahujících oba partnery:
- Fragmentace - malé kousky stélky (laloky) vyrůstající z okrajů stélky a často se oddělují z hlavní stélky
- Soredia – hlouček řasových buněk, které jsou těsně připojeny houbovými hyfami a které jsou spojeny dohromady
- Isidie - prstovité výběžky z jakéhokoliv místa na vrchní straně kůry stélky, která obsahuje obě – řasovou i houbovou složku.

Soralium se sorediemi



http://www.dr-raff-wagner.de/Bilder/Lobaria_pulmonaria-QS-Soral-DF.jpg

Urban, Kalina, 1980



Isidie

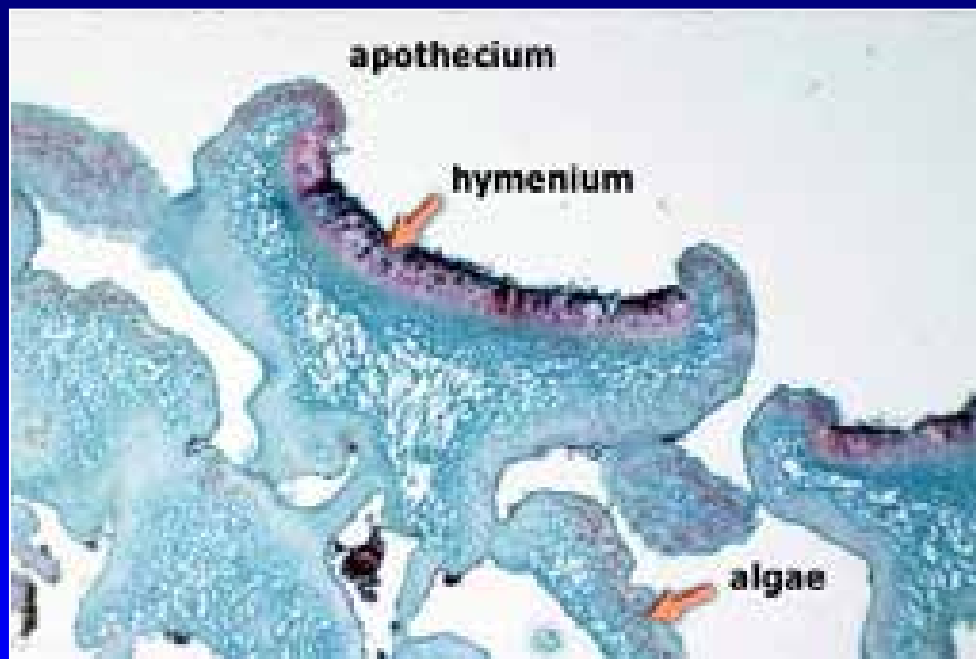
ROZMNOŽOVÁNÍ LIŠEJNÍKŮ

POHLAVNÍ - pouze mykobiont (askospory nebo bazidiospory), závislé na opětovném setkání s fotobiontem.

Nejčastější typy plodnic – apothecium, perithecium, nebo askolokulární plodnice

Hymeniální gonidie – buňky fotobionta, které jsou rozšiřovány společně se sporama hub

Mnoho druhů lišejníků se pohlavně nerozmnožuje vůbec



http://www.csupomona.edu/~jcclark/classes/old/bot125/resource/graphics/g/lic_physcia_label.jpg

Apothecium – *Physcia*



<http://www.irishlichens.ie/images/lichen/l-245a1.jpg>

Perithecia – *Verrucaria*

POHLAVNÍ ROZMNOŽOVÁNÍ:

- Většina houbových partnerů jsou zástupci skupiny Ascomycota a produkují askospory.
- Apotecia (nebo peritecia) se vyvíjejí na povrchu lišejníků, ve kterých jsou formovány vřecka obsahující askospory.
- Některá vřecka jsou unitunikátní – inoperkulátní, ostatní jsou bitunikátní
- Pokud je houbovým partnerem zástupce skupiny Basidiomycota, tak jeho plodnice vyrůstá z povrchu lišejníkové stélky
- Pokud z askospory má vyrůst další lišejník, musí nutně houba chytit vhodnou řasu
- Při úspěšné syntéze, houbová hyfa roste okolo řasové buňky a vytváří apresoria na jejím povrchu.
- Po kolonizaci řasa ztrácí velké množství rozpustných sacharidů (ribitol, erythritol a glukózu). Všechny tyto látky jsou rychle absorbovány houbou a přeměněny na typické houbové sacharidy jako je trehalóza.

VÝZNAM LIŠEJNÍKŮ

- **Extrémní dlouhověkost lišejníkových stélek**
- **Růstová rychlost lišejníků je velmi malá (1 mm až 20 mm za rok)**
- **Rostou na holých skalách, kůře stromů – pionýrské organismy**
- **Lišejníky jsou tolerantní k vysokým teplotám a suchu**
- **Radioaktivní caesium a stroncium jsou snadno absorbovány a akumulovány lišejníky**
- **Na severní polokouli jsou lišejníky významnou součástí potravy sobů.**
- **Lišejníky jsou velmi citlivé na znečištění ovzduší (oxidy síry a těžké kovy), a tak jsou cennými indikátory čistoty ovzduší**

MUTUALISTICKÁ SYMBIÓZA MEZI HOUBAMI A MOŘSKÝMI ŘASAMI

- Mořské řasy jako jsou ruduchy, chaluhy (*Macrocystis*, *Laminaria*), jsou často doprovázeny houbami buď ve funkci parazitů nebo saprotrofů, v některých případech se ukazuje, že i ve funkci symbiontů.
- Každá řasa je infikována v ranném stádiu.
- Houba prorůstá systemicky stélku řasy v mezibuněčném prostoru.
- Není zde žádný důkaz, že by buňky hostitele byly poškozeny houbou a tak to vedlo k domněnce, že dva druhy r. *Fucus* jsou lichenizované.
- Houba i řasa mohou žít nezávisle.
- Neinfikované mladé řasové stélky velmi nesnadno přežívají samotné určité období. Pravděpodobně, houba a řasa jsou ve vzájemném společenství více tolerantní k vysušení.

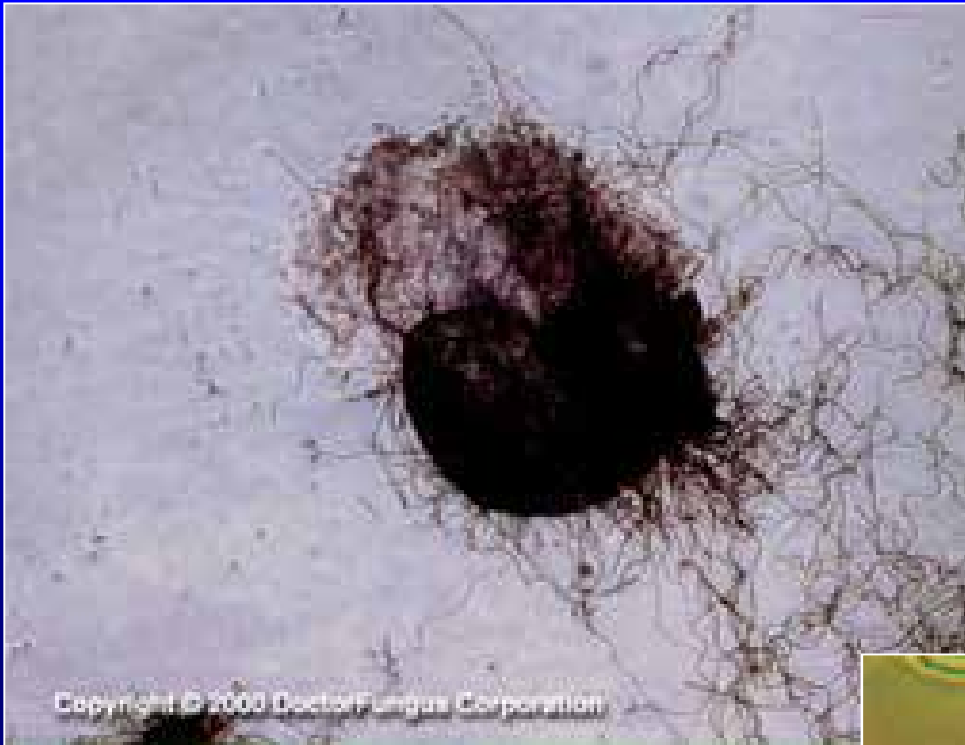


<https://seaweedindustry.com/sites/default/files/seaweed-images/Laminaria-hyperborea-01.jpg>

Laminaria

4. MUTUALISTICKÁ SYMBIÓZA MEZI HOUBAMI A JINÝMI HOUBAMI ČI JINÝMI MIKROORGANISMY

- Houby mohou žít v asociaci s jinými houbami nebo jinými mikroorganismy k jejich vzájemnému prospěchu nebo tak, že si nevadí (komensalismus).
- Houba *Thermomyces lanuginosus*, která je nacházená v kompostu při vyšších teplotách a nedovede rozkládat celulózu a profituje z blízkosti druhů *Chaetomium thermophile* a *Humicola insolens*, které se také vyskytují na kompostu a dovedou celulózu rozkládat.
- Bylo dokázáno, že zástupci r. *Thermomyces* rostou v těchto podmínkách, protože využívají jednoduché cukry, poskytované celulolytickými houbami.
- Není zde však žádný důkaz, že by druhy jako např. *Chaetomium* nějakým způsobem prospívaly z tohoto vztahu, a tak by bylo lepší tento vztah popsat jako komensalismus.



http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/fermentacios/images/kepek/kep_035.jpg

http://www.doctorfungus.org/thefungi/img/cha1_1.jpg

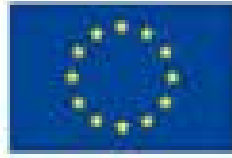
Chaetomium sp.



Thermomyces sp.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

OBECNÁ MYKOLOGIE



**Modifikace profilu absolventa biologických studijních
oborů na PŘF UP: rozšíření praktické výuky a
molekulárních, evolučních a cytogenetických oborů**

Registrační číslo: CZ.1.07/2.2.00/28.0158

10. Přednáška

- Parazitismus
- Houboví parazité člověka
- Houboví parazité obratlovců a bezobratlých



<https://bld.natsci.msu.edu/BLD/assets/image/research/leg1.jpg>

Pythióza u koně



http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/23/6067.jpg

**Biologická kontrola mandelinky
bramborové houbou r. *Beauveria***

PARASITIČTÍ SYMBIONTI

Houby, které potřebují jako zdroj živin živé organismy.
U PARAZITICKÉ SYMBIÓZY mají prospěch pouze houby a hostitel je využíván

HOUBOVÍ PARAZITÉ ČLOVĚKA, JINÝCH
OBRATLOVCŮ A BEZOBRATLÝCH

HOUBOVÍ PARAZITÉ OBRATLOVCŮ

- Nejlépe prozkoumaní jsou v tomto směru lidé a ostatní teplokrevní živočichové
- Objekt zkoumání lékařské a veterinární mykologie.

Houbové infekce na člověku můžeme rozdělit na následující:

(1) **POVRCHOVÉ INFEKCE**, které zahrnují vnější vrstvy kůže a způsobují alergické a zánětlivé pochody

(2) **PODPOVRCHOVÉ INFEKCE** jsou obvykle způsobovány houbami nízké virulence, které se dostávají do tkání přes poranění, a které v tom místě mohou zůstat lokalizovány nebo se šířit pouze přímým myceliálním růstem

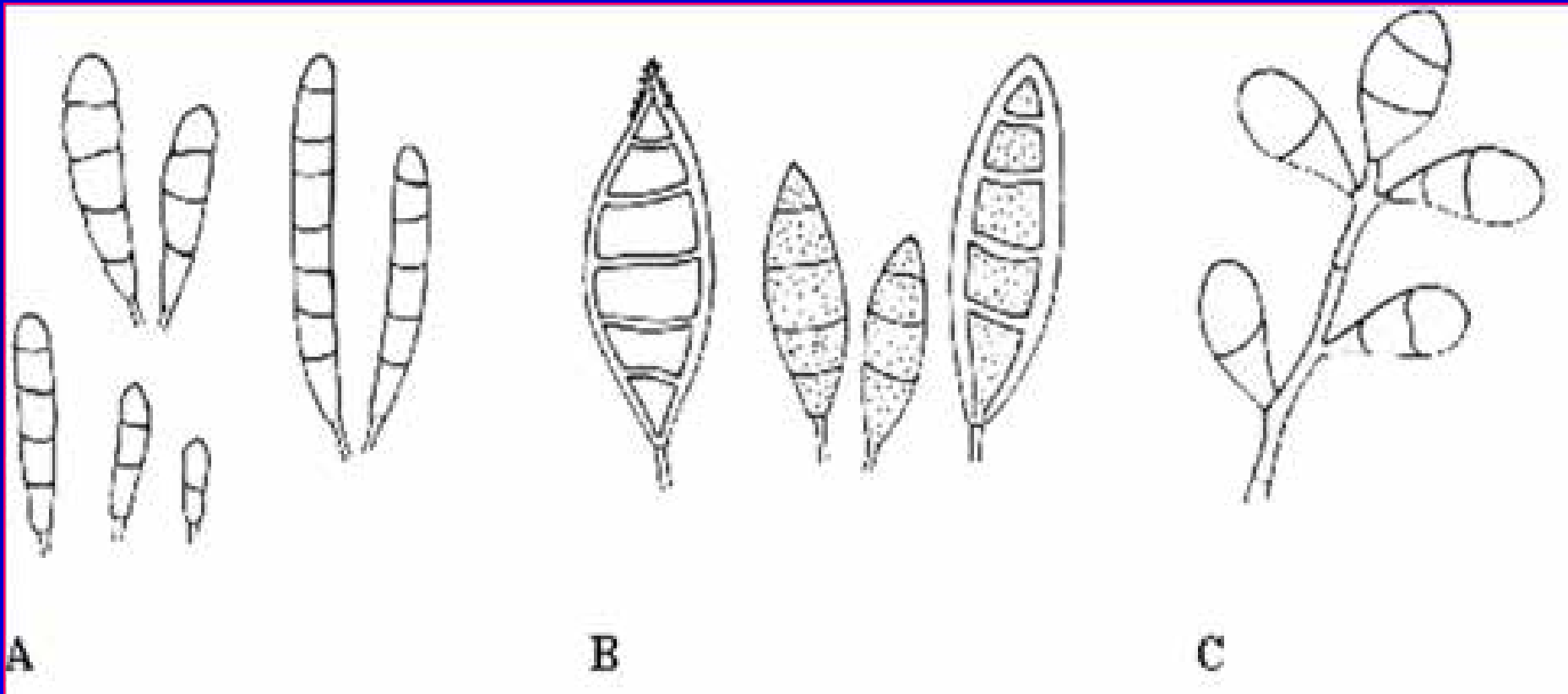
(3) **SYSTEMICKÉ INFEKCE**, které jsou způsobovány buď pravými patogenními houbami, které jsou schopny napadat i jinak zdravý organismus nebo oportunními saprofyty, kteří nenapadají zdravý organismus, ale organismus s oslabeným imunitním systémem. Oba dva typy houbových patogenů mohou být rozneseny po organismu krevním nebo lymfatickým systémem.

http://www.doctorfungus.org/mycoses/human/human_index.htm

(1) POVRCHOVÉ INFEKCE

- Většina povrchových (kožních) mykóz je způsobována specializovanou skupinou keratinolytických hub, které nazýváme dermatofyty.
- Je známo okolo 40 druhů dermatofytických hub (hyphomycetes), náležející ke 3 anamorfním rodům. *Epidermophyton* má 2 druhy, *Microsporum* má 17 druhů, a *Trichophyton* má 24 druhů a variet.
- Teleomorfy těchto druhů jsou v rodech *Arthroderma* a *Nannizzia*. Oba dva tyto holomorfní rody jsou zástupci čeledi *Arthrodermataceae* (*Onygenales*, *Ascomycetes*).
- Infekce jsou omezeny na vnější vrstvy epitelu – kůži, vlasy a nehty, tzn. keratinizované epitely. Zřídka napadají živé epitely, ale pouze způsobují dráždění.
- Zvýšený výskyt způsobuje vysoká vlhkost, těsné oblečení a lehké oděrky.
- Tyto infekce jsou snadno léčitelné pomocí antifungálních přípravků - Ketoconazol, clotrimazol, itraconazol, terbinafin, naftifin, a amorolfin.

Dráždění způsobené přítomností hub stimuluje epiteliální buňky hostitele ke zvýšenému dělení. **Tento proces zvyšuje množství keratinu dostupného pro houbu.**



http://edoc.hu-berlin.de/habilitationen/graeser-yvonne-2002-03-26/HTML/Graeser_html_16858511.gif

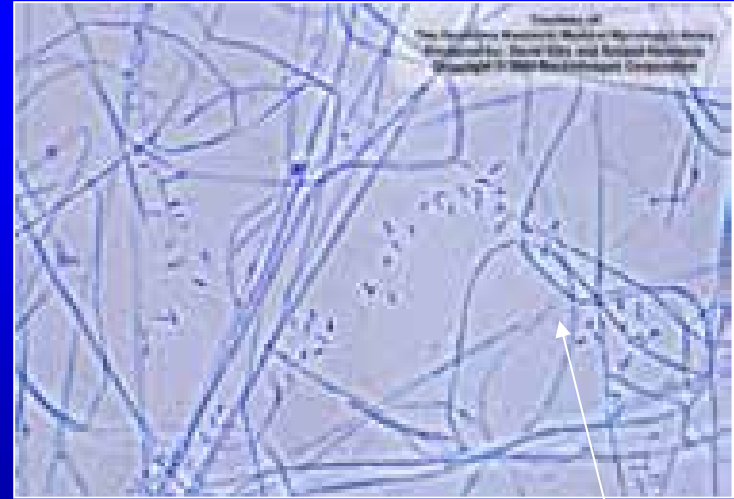
Různé typy makrokonidií u rodů (A) *Trichophyton*, (B) *Microsporum* a (C) *Epidermophyton*.

***Trichophyton rubrum* napadající nehty na nohou.**



<http://www.danderm.dk/atlas/pics/8/8-123.jpg>

<http://www.mold.ph/tricho10.jpg>



Trichophyton rubrum



http://classroom.sdmesa.edu/eschmid/f40-5_cutaneous_mycosis.jpg



Image Courtesy of L. Ajello
Copyright © 2000 DoctorFungus Corporation

<http://www.doctorfungus.org/thefungi/img/157MIKE.JPG>

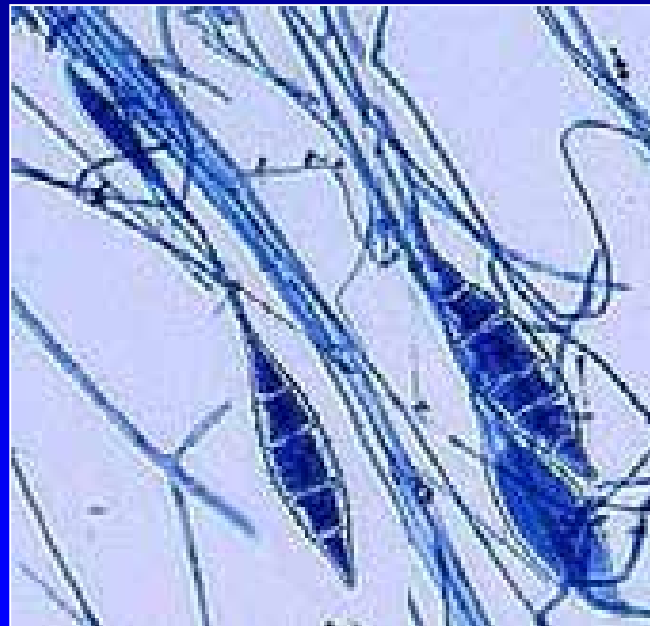
Infekce rodem ***Epidermophyton floccosum***

Infekce *Microsporum nanum* u prasat



<http://www.mycology.adelaide.edu.au/images/46e.gif>

Epidermophyton floccosum



<http://mushroomobserver.org/images/640/43208.jpg>



Tinea capitis

<http://diseasespictures.com/wp-content/uploads/2014/04/Tinea-Capitis-6.jpg>

<http://www.mold.ph/micros8.jpg>

Microsporum canis – rezervoárem v přírodě jsou kočky a psi, ale i u lidí způsobuje tzv. tinea capitis



PIEDRA – BÍLÁ a ČERNÁ

Trichosporon beigelii - bílá piedra
(Basidiomycota)



<http://www.scielo.br/img/revistas/abd/v80n1/ia07f02.jpg>



Černá piedra – na vlasu -
původce *Piedraia hortae* (ř.
Dothideales, Ascomycota)



http://www.doctorfungus.org/thefungi/img/pie1_1.jpg

Napadá vlasy, kde se
vytvářejí černé útvary
(askostroma) nebo bílé
útvary (hyfy a artrokonidie)

Ztenčení vlasů

(2) PODPOVRCHOVÉ INFEKCE

- Tato kategorie zahrnuje takové choroby jako jsou chromoblastomykóza, mycetomy a sporotrichóza (způsobené rody jako např. *Phialophora*, *Sporothrix*, *Cladosporium*, *Acremonium*)
- Houby mají schopnost pronikat hlouběji skrze epidermis (díky poranění, bodnutí hmyzem) a způsobovat infekce tkání pod pokožkou.
- Tyto choroby jsou způsobené houbami, které jsou normálně saprofytické, ale které pokud se dostanou do ran, se mohou adaptovat na růst v lidském těle, přičemž mění svou morfolonii i fyziologii.

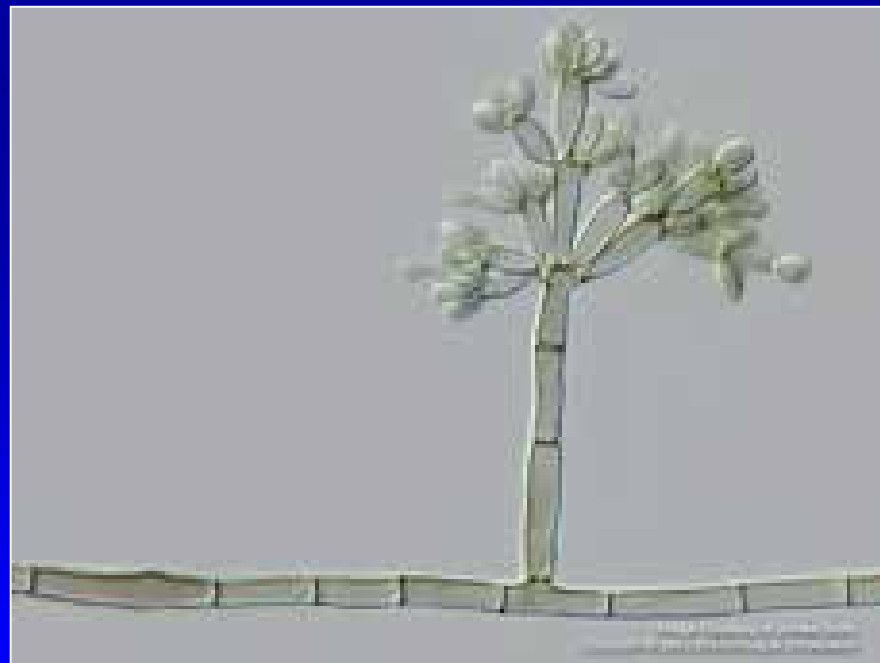
CHROMOBLASTOMYKÓZA

- Její výskyt je běžný v tropech, kde lidé chodí naboso. Jedná se o infekci kůže a podkožních vrstev v místě poranění nějakým infikovaným předmětem
- Pokud se houby začnou množit, buňky hostitele na to okamžitě začnou reagovat a rapidně se dělit a produkují nevzhledné bradavičnaté výrůstky na nohou nebo postižených místech.
- Houby se mohou šířit lymfatickým systémem.
- Původci chromoblastomykózy jsou nejčastěji *Fonsecaea pedrosoi*, *Phialophora verrucosa*, *Cladosporium carrionii*, a *Fonsecaea compacta*.



Chromoblastomykóza

http://medind.nic.in/iau/t11/i4/IndianJMedMicrobiol_2011_29_4_437_90192_f2.jpg



Fonsecaea pedrosoi

http://www.doctorfungus.org/imageban/images/init_images4/Fonsecaea004.jpg

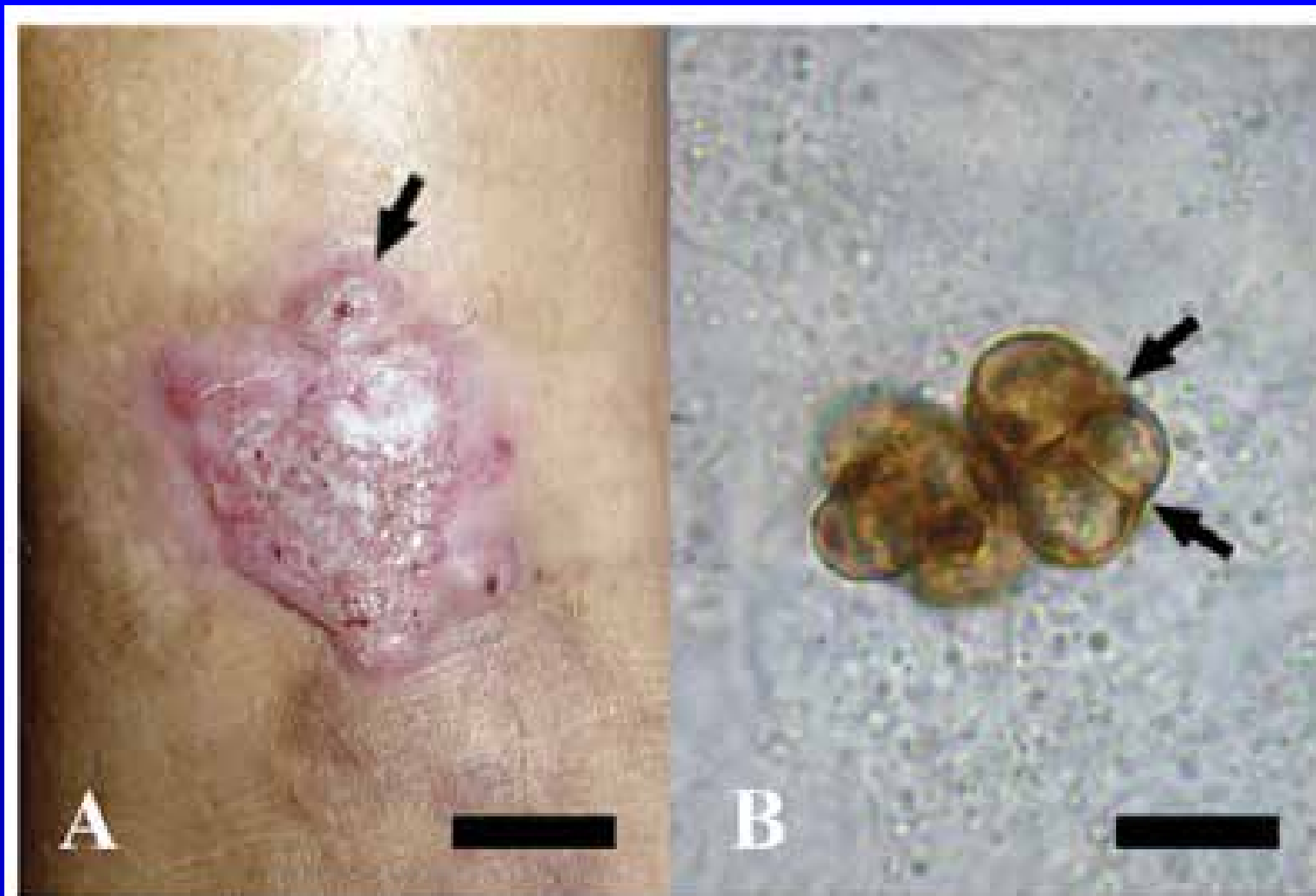


Fig.1 - Patient lesion and microscopic direct examination. The 3 x 2 cm verrucous-exudative plaque on the right knee of the patient developed from the superior left part of the lesion (A, arrow), two months after a traumatic puncture with a thorn from the plant *M. pudica*. Direct examination demonstrated the presence of darkly pigmented sclerotic bodies with crosswalls (B, arrows). Scale bars: A: 2 cm, B: 15 μ m.

Fonsecaea pedrosoi* – infekce způsobená trnem z *Mimosa pudica



Phialophora verrucosa

http://www.doctorfungus.org/thefungi/img/phi2_1.jpg

MYCETOM

- Choroba typická pro obyvatele tropů chodících naboso
- Původce se dostává do těla poraněním
- Houby napadají různé tkáně a stimulují tvorbu nádoru, uvnitř kterého je kompaktní houbová kolonie nazývaná „grains“ – zrna.
- Pokud kůže pokrývající mycetom praskne, celá tato kolonie může být vytlačena ven.
- Původci tohoto onemocnění mohou být přiřazeni k druhům jako např. *Madurella mycetomatis* (Hyphomycetes), *Exophiala jeanselmei* (Hyphomycetes), *Pseudallescheria boydii* (Ascomycetes) a *Leptosphaeria senegalensis* (Ascomycetes).

http://www.doctorfungus.org/mycoses/images/he_mycetoma_m_grisea2.jpg

Mycetom způsobený
druhem *Madurella grisea*



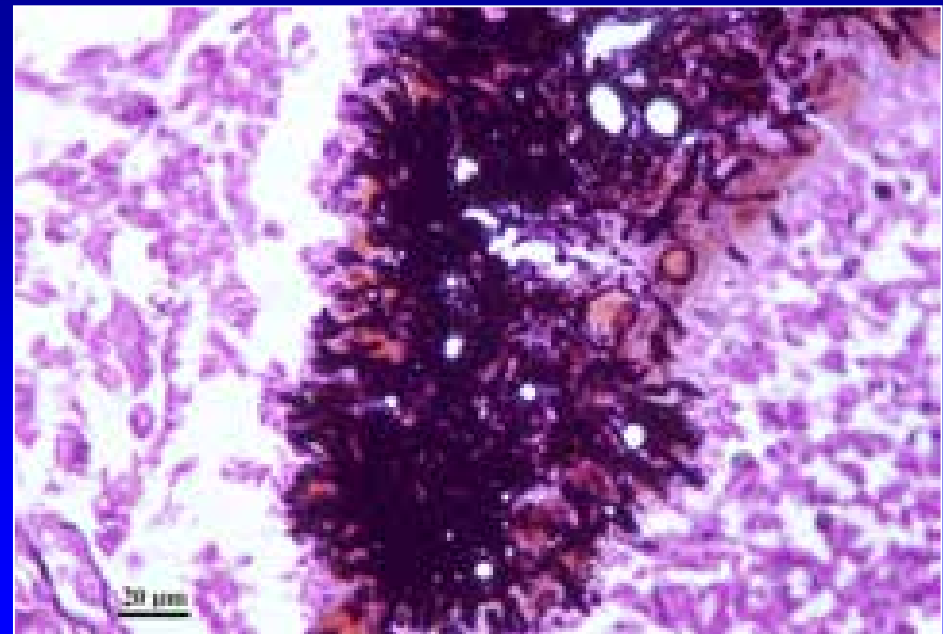
<http://www.mycology.adelaide.edu.au/images/myc2.gif>



**Mycetom odoperovaný z
tkáně člověka**

***Madurella mycetomatis* v
tkáni mycetomu**

<http://www.doctorfungus.org/imageban/images/Kaminski005/459.jpg>





<http://www.microbiologybook.org/mycology/Exophiala1.jpg>

**Podpovrchová infekce
vyvolaná druhem *Exophiala
jeanselmei*.**

<http://www.mycology.adelaide.edu.au/images/paheo1.gif>



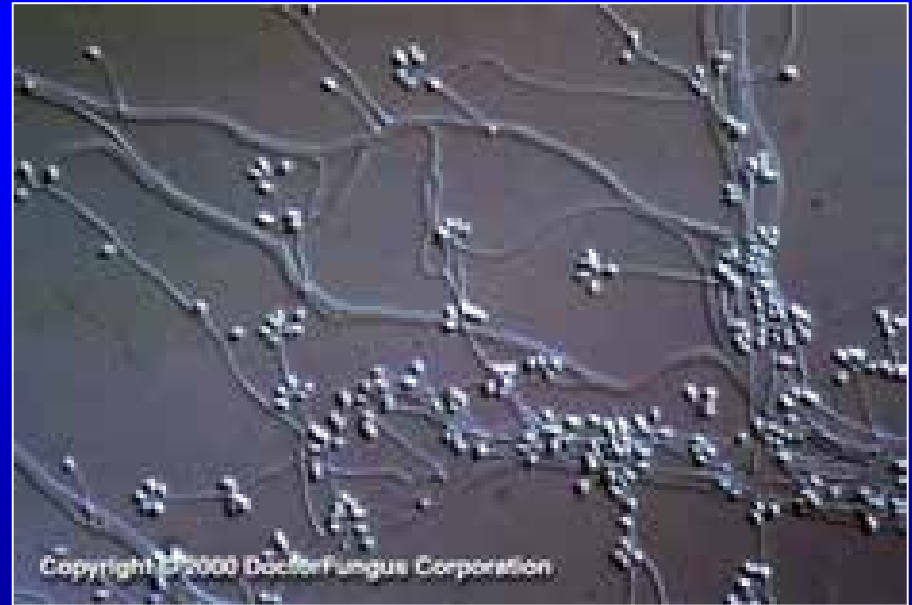
Exophiala jeanselmei

SPOROTRICHÓZA

- Způsobovaná druhem *Sporothrix schenckii*, kosmopolitní hyfomycetní houbou, jejíž anamorfoou je rod *Ophiostoma*.
- Houba vstupuje do hostitele skrze poranění, např. kontaminovaným trnem.
- Pokud už je houba uvnitř hostitele, normální myceliální houba se mění na kvasinkovou formu (je proto dimorfní)
- Původní, lokalizované infekce mohou hnisat (vředovatět), ale postupně zaschnou a vyléčí se. Ale ne vždy.
- Infekce se mohou šířit pomocí lymfatického systému a může vytvářet druhotné léze. V nejhorším případě, se infekce může stát systemickou, šířící se nejdříve do kloubů, potom do kostí a nakonec do vnitřních orgánů, pomocí krevního řečiště.



http://www.doctorfungus.org/thefungi/img/spr1_1.jpg



***Sporothrix schenckii* – myceliální forma**

http://www.doctorfungus.org/thefungi/img/spr2_1.jpg



***Sporothrix schenckii* – kvasinková forma**



<https://escholarship.org/uc/item/30m45342/1.jpg>

Sporothrix schenckii

(3) SYSTEMICKÉ MYKÓZY

Tyto choroby jsou dvojího druhu: choroby působené specializovanými pravými patogeny a choroby působené oportunními saprofyty.

SPECIALIZOVANÍ PATOGENI

Je zde několik příkladů hub, kteří jsou primárními patogeny a napadají i jinak zdravý organismus. Ve všech případech jsou to dimorfní houby, které rostou jednak jako jednobuněčné kvasinky a jako vláknité formy. Obojí mohou způsobovat infekce pomocí inhalace spor, nejprve infikují plíce a pak se mohou šířit do dalších orgánů v těle.

Histoplasmóza

Kokcidioidomykóza

Parakokcidioidomykóza

Blastomykóza

HISTOPLASMÓZA

- **Původcem je *Histoplasma capsulatum*, anamorfní stadium od *Ajellomyces capsulatus* (Ascomycetes). Je endemitem v tropických oblastech světa – původně se nachází v půdě.**
- **Tato anamorfa roste velmi dobře v prostředí bohatém na dusíkaté látky – jako jsou např. ptačí výkaly.**
- **Konidie houby jsou inhalovány a způsobují primární infekce v plicích.**
- **Okolo 95% všech případů nevykazuje žádné klinické příznaky a vyléčí se spontánně, ponechávající pouze malé kalcifikované ložisko v plicích a rezistenci k nové infekci.**
- **V dalších 5% případů se objeví různé klinické příznaky. Jednak je to průběh podobný chřipce, kdy jsou zasaženy plíce podobně jako u tuberkulózy. Pokud toto stádium není ošetřeno může se vyvinout generalizovaná systemická infekce, kdy může dojít k napadení všech vnitřních orgánů, v krajním případě končící smrtí.**



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3f/Tuberculate_macroconidia_of_the_Jamaican_isolate_of_Histoplasma_capsulatum_PHIL_4023_lores.jpg

Histoplasma capsulatum
tuberkulované makrokonidie

KOKCIDIOMYKÓZA

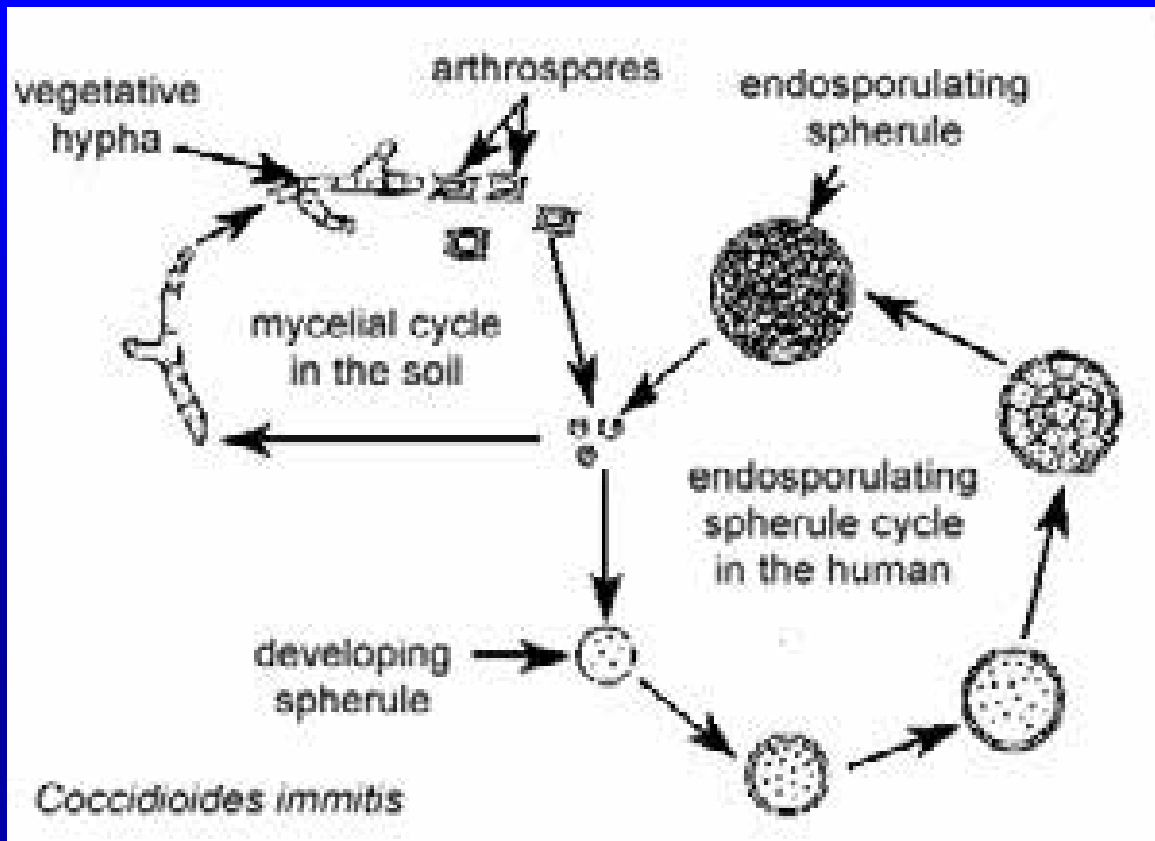
- **Choroba způsobená druhem *Coccidioides immitis* (Ascomycota)**
- **Tato houba bují v suchých zasolených půdách a je endemická v pouštních oblastech jihozápadu USA a Mexiku**
- **Proces infekce, postup choroby a klinické symptomy jsou velmi podobné jako u histoplasmózy.**
- **Naštěstí, podobně jako u histoplasmózy, většina případů není zhoubných a vyléčí se spontánně.**
- **V 5% případů se houba může roznést a způsobit daleko vážnější chorobu - tvořící ložiska v kostech, v podpovrchových tkáních a mozkových blanách a důležitých vnitřních orgánech.**



<http://www.the-dermatologist.com/sites/default/files/issues/January2012/Fungal%20Figure%202.png>

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/Arthroconidia_of_Coccidioides_immitis_39G0040_lores.jpg

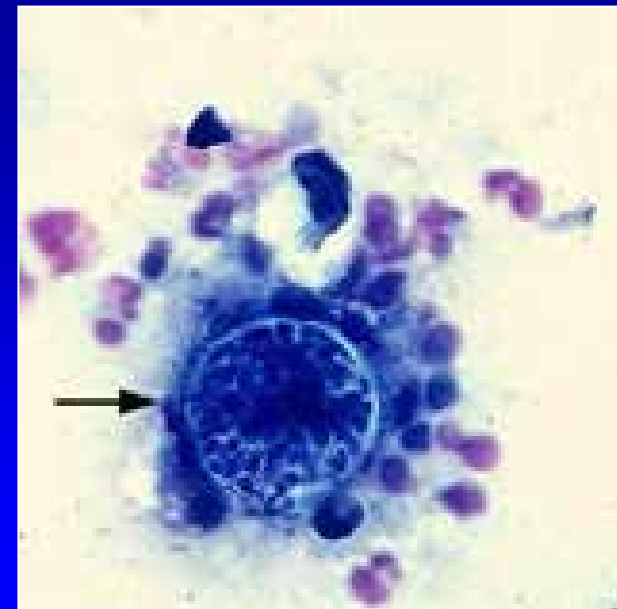




<http://faculty.ccbcmd.edu/courses/bio141/lecguide/unit4/fungi/images/u1fig39a.gif>

Životní cyklus *Coccidioides immitis*

Spherula



<http://www.health-writings.com/img/ci/coccidioides-immitis-infection/fig05.jpg>

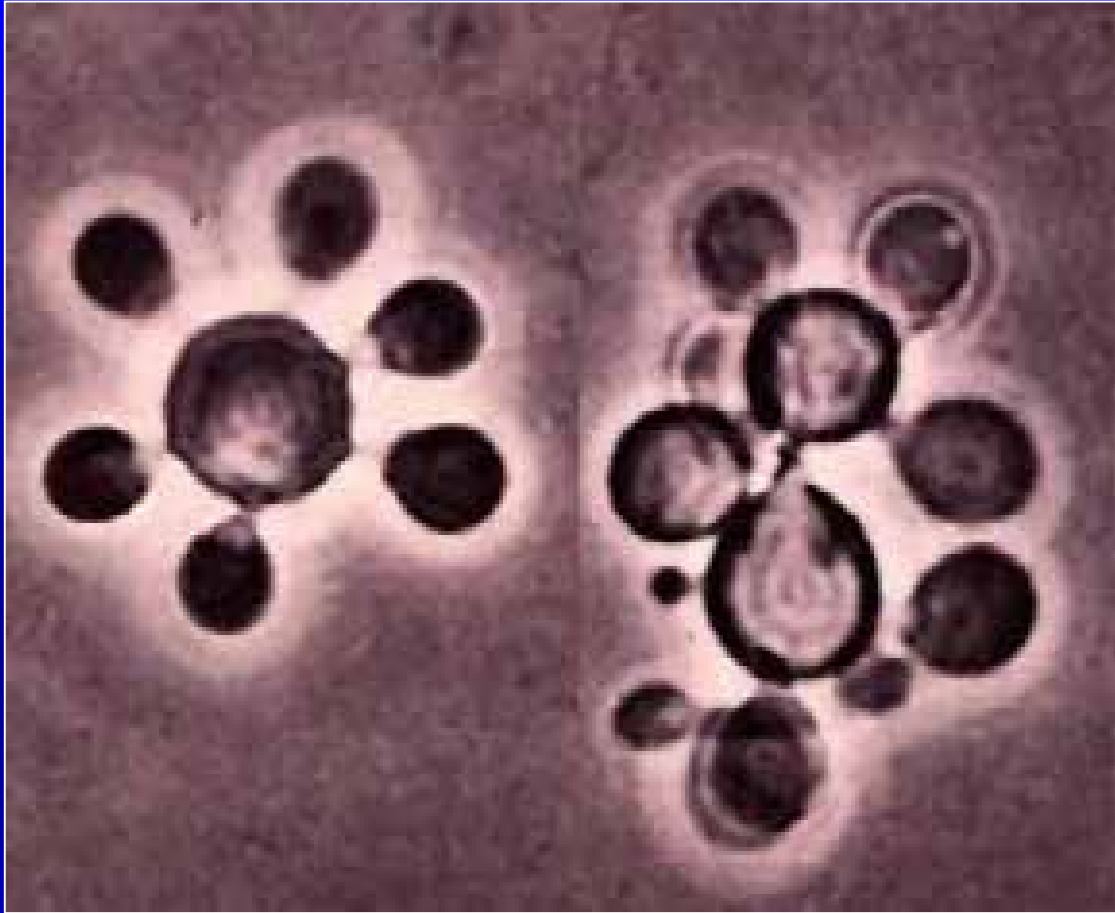
PARAKOKCIDIOMYKÓZA

- Tato choroba je omezena na **Střední a Jižní Ameriku**
- Jejím původcem je *Paracoccidioides brasiliensis* (Ascomycota)
- Inhalace konidií způsobuje primární infekci v plicích.
- Pokud se objeví sekundární infekce, má tendenci vyvolávat tvoření vředů na sliznici nosu a úst, často způsobující ztrátu zubů.
- Méně běžně, se rozvine plicní infekce, která připomíná tuberkulózu a někdy eventuálně zahrnuje vnitřní orgány.



http://itg.content-e.eu/Generated/pubx/173/mm_files/do_3562/co_69115/CD_1056_053c.jpg

Ložiska na kůži u pacienta s parakokcidiomykózou



http://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/images/paraco1.jpg

Paracoccidioides brasiliensis –
kvasinková forma

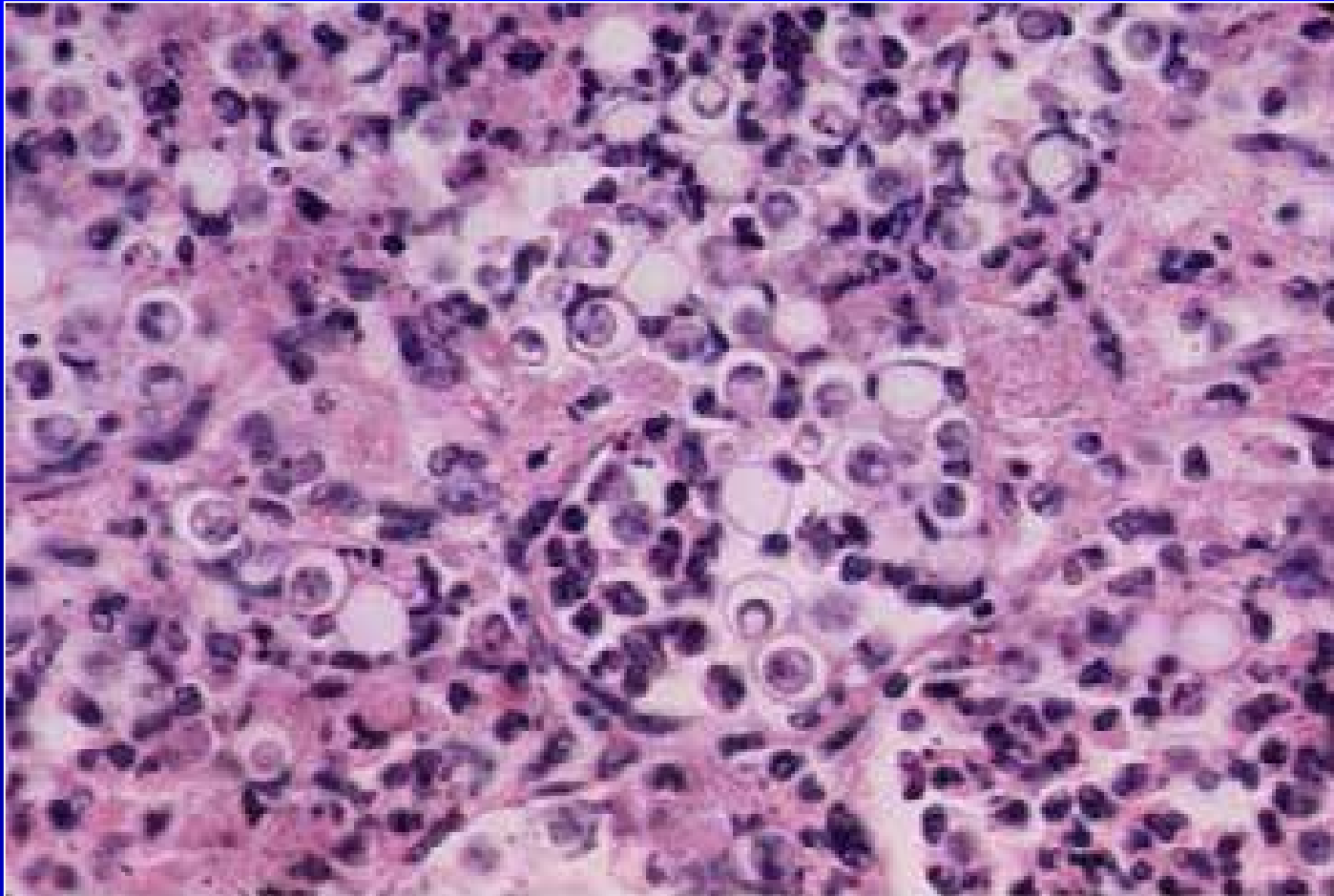
BLASTOMYKÓZA

- Je způsobována druhem *Blastomyces dermatitidis* (Ascomycota, Onygenales), což je houba izolována z kultury v půdě nebo jiných přirozených stanovišt'.
- Je endemická ve velkých oblastech Severní Ameriky
- Primární infekce je v plicích, kde se tvoří velké granulomy, které obsahují mnoho nepatrných abscesů (dutina vyplněná hnisem).
- Tyto léze se mohou vyléčit, ale původce může proniknout na povrch na jiném místě, často na exponovaných místech tváře a krku.



[https://classconnection.s3.amazonaws.com/783/flashcards/1971783/png/blastomyces_dermatitidis_\(classic_clinical_representation_of_dimorphic_fungi\)1351389319430.png](https://classconnection.s3.amazonaws.com/783/flashcards/1971783/png/blastomyces_dermatitidis_(classic_clinical_representation_of_dimorphic_fungi)1351389319430.png)

Blastomykóza - *Blastomyces dermatitidis*



<http://www.stitch.luc.edu/lumen/MedEd/mech/sgcases/case19/21.jpg>

***Blastomyces dermatitidis* –
mikroskopický řez tkání ukazuje
kvasinkové buňky spolu se zánětlivými
buňkami**

OPORTUNNÍ PATOGENI

- Oportunní infekce jsou způsobovány různými houbami – několika druhy rodu *Aspergillus*, *Candida*, *Cryptococcus*, a některými zástupci řádu *Mucorales*.
- Všichni patogeni rostou velmi dobře při tělesné teplotě, ale jinak se neliší od blízce příbuzných nepatogenních druhů stejných rodů.
- Žádný z nich není schopen normálně vyvolat infekci u zdravých jedinců.
- Všichni spoléhají na určité oslabení obranných mechanismů. Určité typy systemických houbových infekcí se vyskytují jako komplikace cukrovky, AIDS, pokročilé rakoviny, používání kortikosteroidů a širokospektrálních antibiotik.

KANDIDIÁZA (KANDIDÓZA)

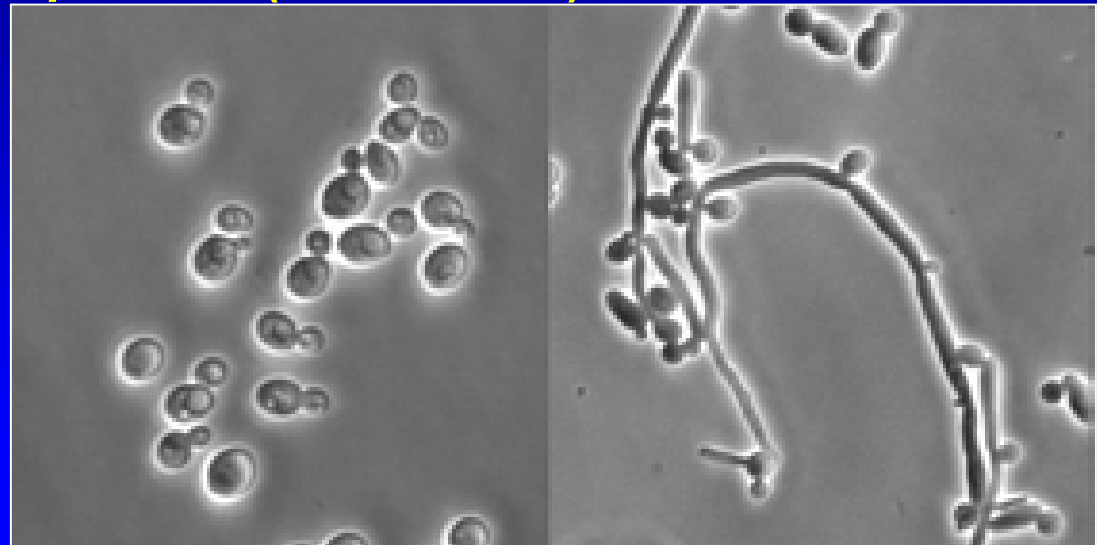
- Původce kandidózy u lidí je nejčastěji druh *Candida albicans*.
- Je to velmi běžný komensál nacházený na sliznicích úst, trávicího traktu a vagíny u více než 50% zdravých jedinců. A ve většině případů nezpůsobuje žádné poškození.
- Avšak může způsobovat významný problém za některých znevýhodňujících podmínek: cukrovka, AIDS, terapie antibiotiky nebo steroidy, rakovina, krevní choroby, endokrinní nedostatky.
- Potom proliferuje, a napadá sliznice, přičemž způsobuje lokální dráždění a v extrémních případech může růst systemicky v těle s fatálními důsledky. U leukemických pacientů, se kandidózy mohou stát systemickými (infikují široký okruh orgánů jako jsou např. ledviny, játra a mozek, nebo mohou způsobit septikémii (otravu krve).
- Běžné formy

Kandidózy:

Orální

Vulvovaginální

Systemická





http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/1_human_tongue_infected_with_oral_candidiasis.jpg

Orální kandidóza



Oesofagální kandidóza

<http://www.intechopen.com/source/html/43598/media/image5.png>

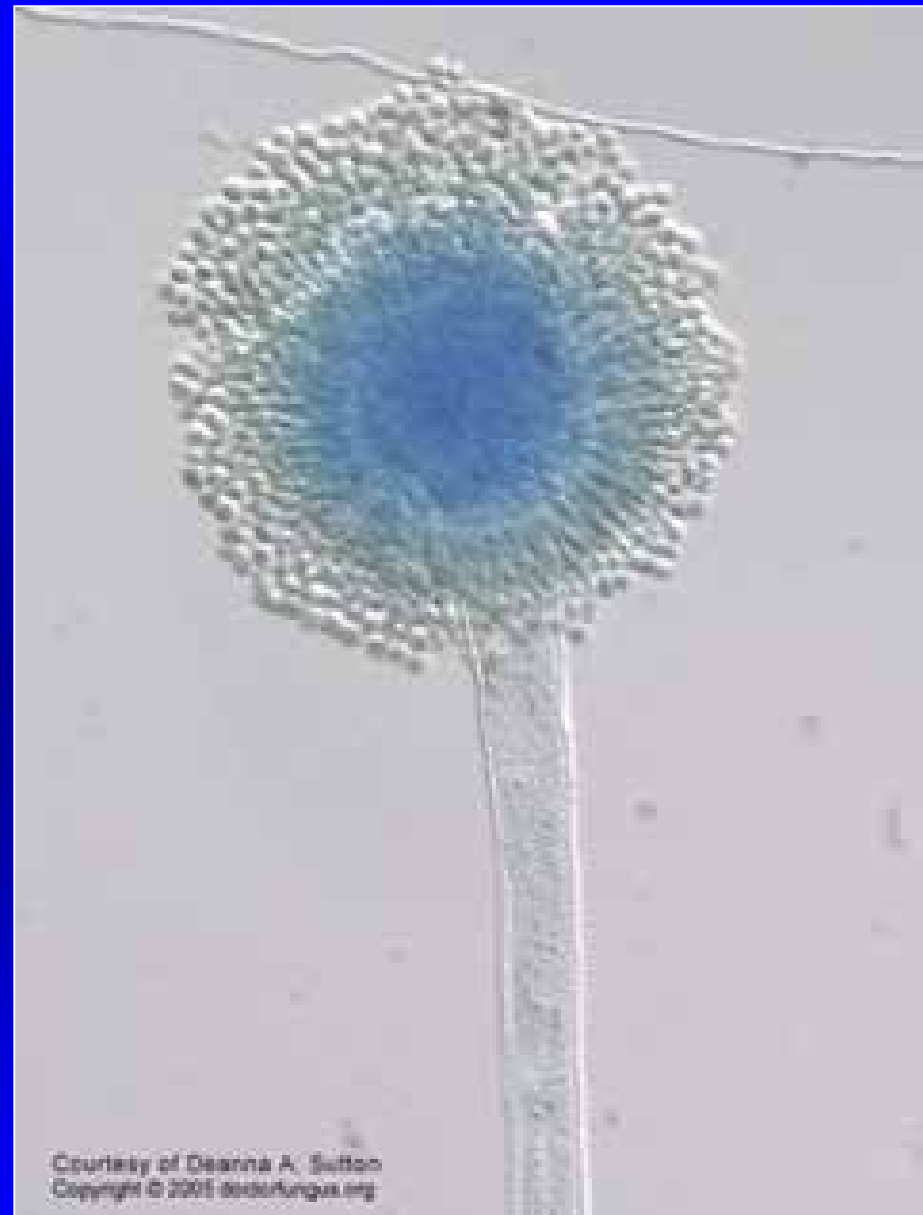


Vaginální kandidióza

http://www.sos03.com/files/styles/health_images/public/Vagina%20Candidiasis.jpg

ASPERGILÓZA

- Přibližně 20 druhů rodu *Aspergillus* je v nějaké míře schopno infikovat člověka – velká většina je způsobena druhy *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. nidulans*, *A. terreus*, *A. flavus*.
- Tyto houby jsou saprofytické a všudypřítomné v prostředí a jsou částečně vázány na půdu a rozkládající se rostlinný materiál.
- Díky malým a početným konidiím jsou běžně vdechovány lidmi a jejich velikost jim umožní penetrovat hlouběji do dýchacích cest.
- Léčba amphotericin B



Courtesy of Deanna A. Sutton
Copyright © 2001 doctorfungus.org

http://www.doctorfungus.org/imageban/images/Dsutton_05feb/A_flavus_1.jpg

BĚŽNÉ FORMY ASPERGILÓZY

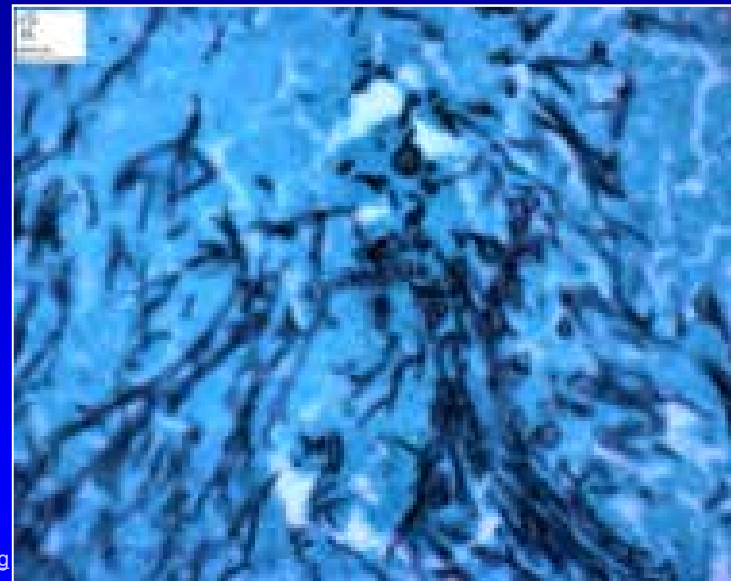
(1) **Bronchopulmonární aspergilóza** je obvykle způsobována druhem *Aspergillus fumigatus*, který kolonizuje hlen uvnitř bronchů, což vyvolává některé alergické reakce.

(2) **Aspergilom (forma mycetomu)**, houba tvoří myceliální kouli v plicní dutině která vznikla po předchozím napadení tuberkulózou. Stěna dutiny se může rozpadnout, což způsobuje plivání krve pacientem a nezbytnost chirurgického zákroku.

(3) **Invazivní aspergilóza** se vyskytuje pouze u pacientů, kteří jsou nějak oslabeni, mají oslabenou imunitu nebo AIDS. Houba roste vně plic, dostává se do krevního řečiště a je rozšiřována do ostatních orgánů (kosti, mozek, endokard, ledviny) obvykle je to smrtelné.

(4) **Metabolity** některých druhů rodu *Aspergillus* způsobují zdravotní problémy, jako je např. akutní a chronická otrava aflatoxiny.

Plíce pacienta s *Aspergillus fumigatus*



KRYPTOKOKÓZA

- Je způsobována zapouzdřenou, pučící stopkovýmtrusou kvasinkou, *Cryptococcus neoformans* var. *neoformans*, což je anamorfa druhu *Filobasidiella neoformans* (*Filobasidiales*, *Basidiomycota*).
- Myceliální forma tohoto druhu často roste na výkalech holubů.
- Mnoho lidí vykazuje subklinické příznaky nebo mají asymptomatickou formu, která se spontánně vyléčí.
- U menšiny, která většinou trpí ještě leukémií nebo lymfomem nebo dostávají imunosupresivní terapii po transplantaci orgánů, se vyvine plicní choroba, a nemoc se může stát systemická.
- Tato fáze napadá kosti nebo orgány jako jsou srdce, varlata, prostata nebo oči a je často smrtelná. Další forma této choroby je kryptokoková meningitida (nejčastější). (amphotericin B, fluconazol)



http://tolweb.org/tree/ToLimages/Filobasidiella_neoformans.jpg

Cryptococcus neoformans
(anam.), *Filobasidiella neoformans* (teleom.)

http://web.mst.edu/~microbio/BIO221_2009/images_2009/cryptococcus-2.jpg



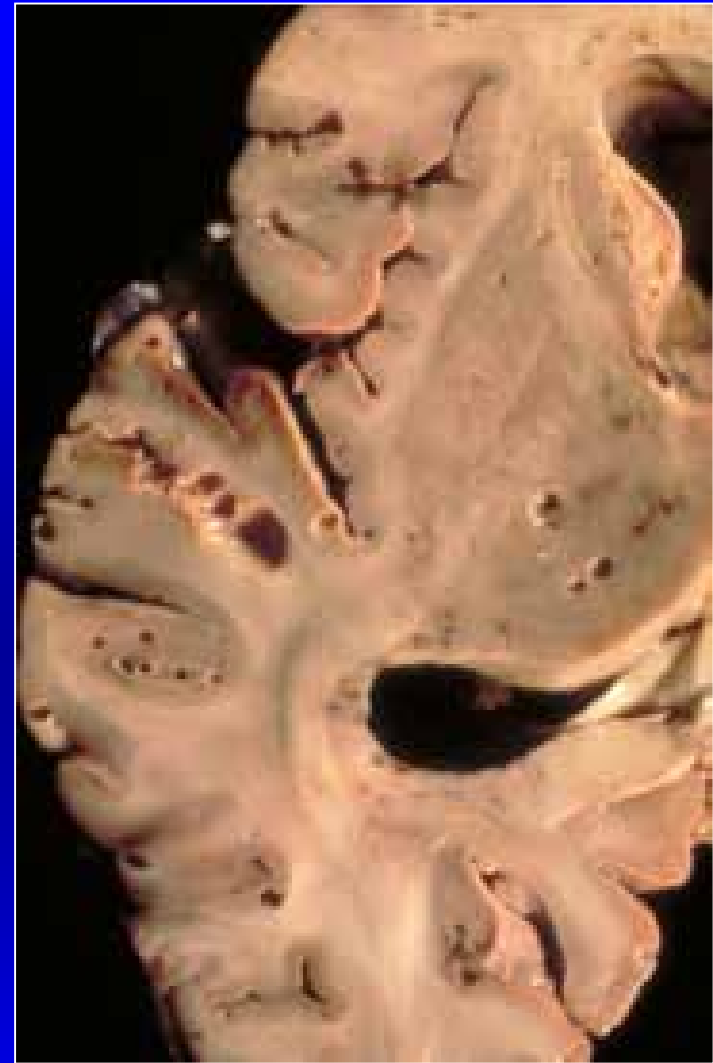
Courtesy of M. McGinnis

Copyright © 2000, David...



**Povrchová léze
kryptokokózy na těle
kočky**

http://www.cfsph.iastate.edu/Disease/nfo/ImageDB/CRC/CRC_002.jpg



<http://neuropathology-web.org/chapter5/images5/5-16a.jpg>

Kryptokokóza v mozkové tkáni

ZYGOMYKÓZA

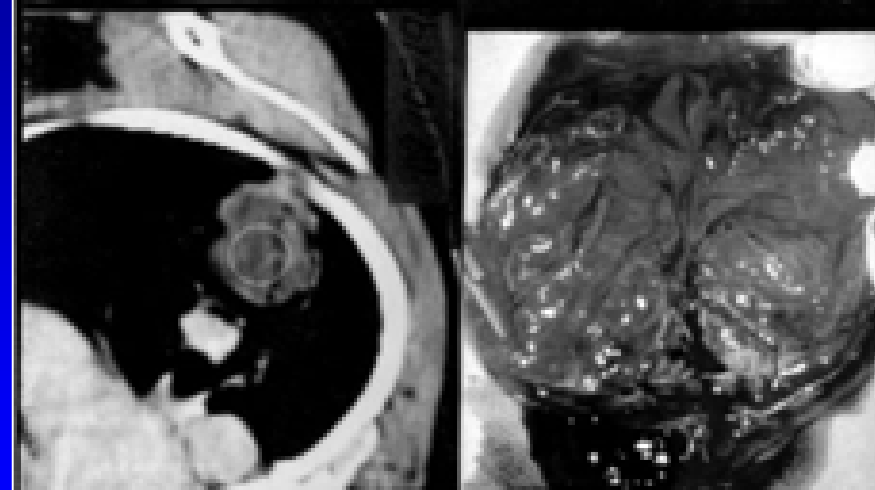
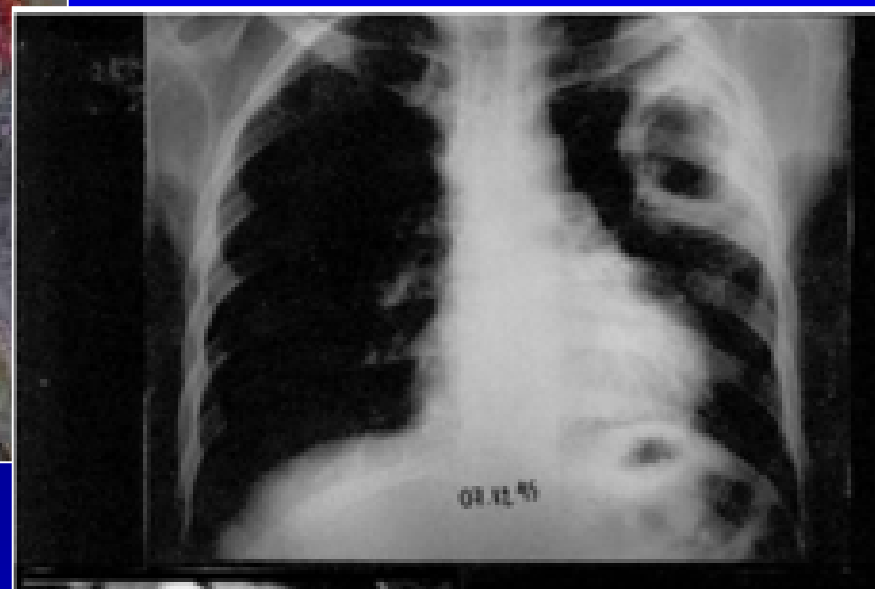
- Je způsobována několika oportunními patogeny z řádu *Mucorales* (*Zygomycota*).
- *Rhizopus arrhizus* a *Rhizopus oryzae* jsou nejběžnější původci Zygomykóz u člověka, ale i rody jako *Mucor*, *Rhizomucor* a *Absidia* jsou občas zaznamenávány.
- Jsou známy čtyři druhy systemických mykóz:
 - Rhinocerebrální (proniká do očí a dále do mozku)
 - Pulmonární (zasahuje bronchy a plíce)
 - Gastro-intestinální (zasahuje stěny žaludku a střeva, blokuje i arterie (tepny). Následné nekrózy a perforace jsou smrtelné).
 - Povrchové (jsou zaznamenávány spolu s malými poraněními, bodnutím hmyzem, popáleninami).





***Rhizopus arrhizus* na jahodách**

http://www.bioref.lastdragon.org/Mucoromycotina/Rhizopus_arrhizus_1.jpg



***Rhizopus arrhizus* způsobující léze na plicích**

<http://www.scielo.br/img/fbpe/bjmbr/v35n7/4303i03.jpg>

Medscape

www.medscape.com



Source: SKINmed © 2004 Le Jacq Communications, Inc.

<http://img.medscape.com/fullsize/migrated/495/741/sm495741.fig2.jpg>

Povrchová zygomykóza způsobená rodem
Rhizopus

Přehled hub, které způsobují mykózy u lidí a jiných obratlovců.

Houba	Nemoc	Primární místo vstupu
<i>Trichophyton, Microsporum, Epidermophyton</i>	Dermatomykózy	Kůže
<i>Phialophora Exophiala Sporothrix</i>	Podpvrchové mykózy, chromoblastomykózy, sporotrichózy	Poranění
<i>Candida albicans</i>	Kandidóza – orální, vaginální, oesofagální, systemická,	Sliznice
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Aspergilóza – plicní, systemická	Plíce
<i>Cryptococcus neoformans</i>	Kryptokokóza, plicní, mozková, mozkové blány	Plíce
<i>Blastomyces dermatitidis</i>	Blastomykóza, plíce, kůže, kosti, mozek	Plíce
<i>Coccidioides immitis</i>	Kokcidiomykóza, plicní, systemická	Plíce
<i>Histoplasma capsulatum</i>	Histoplasmóza, plicní, zřídka systemická	Plíce
<i>Paracoccidioides brasiliensis</i>	Parakokcidiomykóza, plíce, kožní, lymfatické uzliny	Plíce

OSTATNÍ HOUBY PARAZITICKÉ NA OBRATLOVCÍCH

Batrachochytrium dendrobatidis

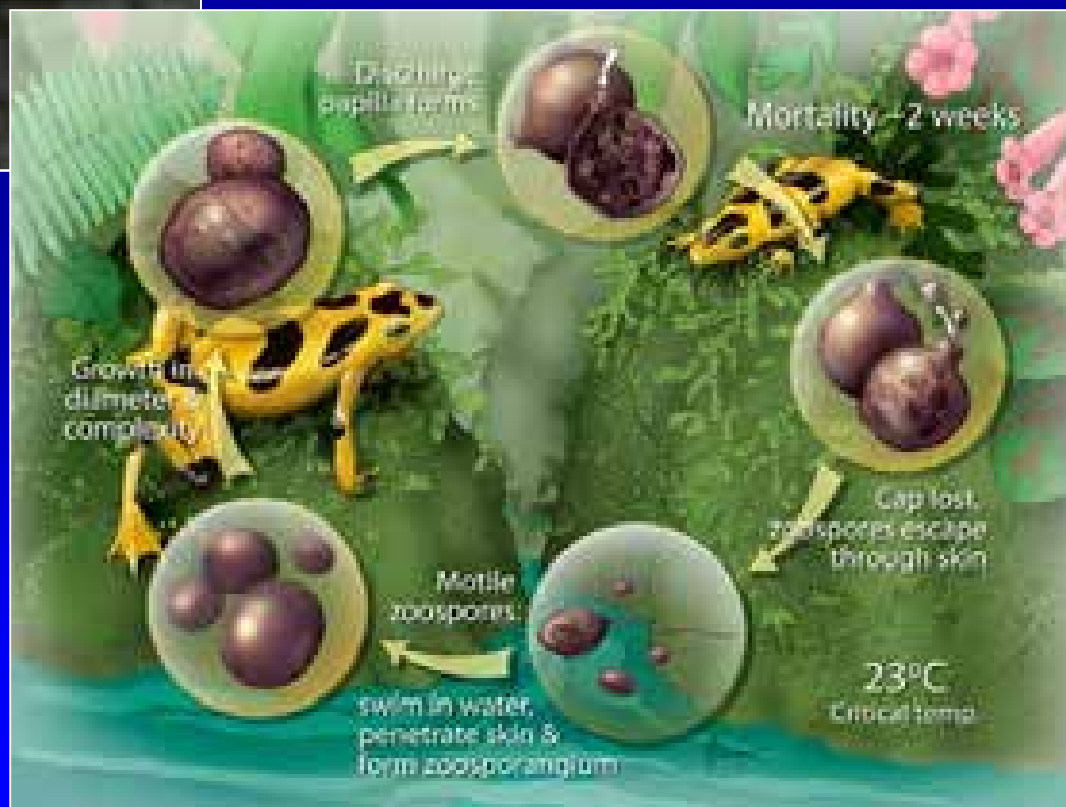
- Choroba je zodpovědná za úbytek populace obojživelníků, hlavně žab na 6 kontinentech (Afrika, Jižní a Severní Amerika, Evropa, Austrálie a Oceánie)
- Jediný zástupce oddělení Chytridiomycota, který parazituje na obratlovcích
- Sporangia jsou omezeny na keratinizovanou kůži dospělých žab a keratinizované části úst pulců
- Povrchové vrstvy kůže jsou ztlustělé, a tato vrstva se snadno loupe
- Způsobuje široce rozšířené, fatální epidermální infekce pouze u dospělců
- Epidermální hyperplasie (nadměrné množení buněk) má za následek omezení kožního dýchání a schopnosti osmoregulace
- Nebyla zjištěna produkce nějakých toxinů



<http://cf067b.medialib.glogster.com/media/c5/c520d7451fa82f4a2e653e8b51af17d8303c262938f4e5135c29abb50a1255bb/agalychnis-callidryas-rob-stegmann.jpg>



<https://research.jcu.edu.au/btid/resources/images/Genimac.jpg>



http://theworldofrogs.weebly.com/uploads/3/0/6/2/3062899/8103653_orig.jpg?335

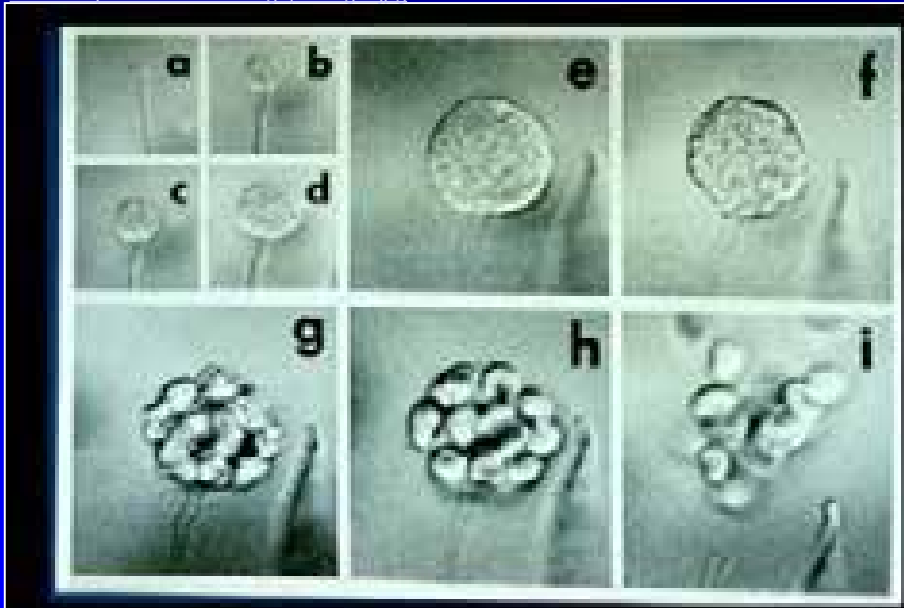
Životní cyklus druhu *Batrachochytrium dendrobatidis*

Pythium insidiosum

- Zástupce skupiny Oomycota
- Vyskytuje se jako saprofyt v půdě, ale může způsobovat infekce i u domácích zvířat (kočky, psi, koně), výjimečně může napadat člověka.
- Houba vniká do organismu z kontaminované stojaté vody, půdy nebo trávy skrze malá poranění kůže, ale i trávicího traktu. Vzniklé léze jsou buď podkožní, ale mohou být poškozeny i mozek, nebo kosti.

<https://bld.natsci.msu.edu/BLD/assets/Image/research/leg1.jpg>

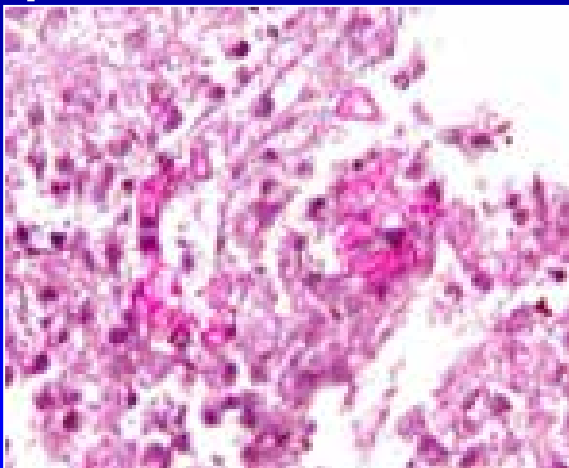
<http://875357559f655c0fd9842374.eventingnation.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2014/10/Figsporangia.jpg>



<http://pavlab.com/pavlab/wp-content/uploads/2013/07/dog-pythiosis.jpg>



Povrchová pythióza u psa



http://www.medicine.cmu.ac.th/dept/patho/cai/patho_jongkolnee/images/case11/fig%206%20011%20pythiosis%20PAS%20x40%202%20small.jpg

Řez tkáně s pythiózou

<http://pavlab.com/pavlab/wp-content/uploads/2013/07/horse-shoulder.jpg>



Pythióza u koně

<http://www.biotechawareness.com/images/stories/horsebone.jpg>



Pokročilá fáze pythiózy, poškozující kosti

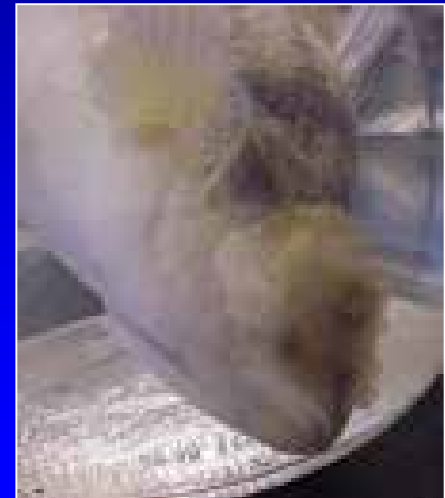
Saprolegnia parasitica (Saprolegniales, Oomycota)

- Je široce rozšířená v sladkovodních ekosystémech; je zodpovědná za významné houbové infekce sladkovodních ryb a jiker.
- Na rybách, *Saprolegnia* napadá epidermální tkáně, obecně začíná na hlavě nebo ploutvích a může se rozšiřovat na neporušený povrch těla, kde můžeme houbu pozorovat jako bílé nebo šedavé plochy vláknitého mycelia.
- Rod *Saprolegnia* je považován za oportunního fakultativního parazita, který může být saprofytický nebo nekrotrofický; obecně napadá ryby, které jsou nějak stresované nebo mají oslabený imunitní systém. K infekci dochází v okamžiku, kdy je povrch kůže nebo žáber primárně poškozen a vytvoří se vhodné podmínky pro vyklíčení spor.
- Také infikuje oslabené jikry, kde penetruje jejich membránu.

<http://lynx6663.tripod.com/oomycota4.jpg>



http://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/images/saprolegnia-perch.jpg



Jikry infikované rodem
Saprolegnia

HOUBY PARAZITUJÍCÍ NA HMYZU

- Většina hmyzích patogenů náleží do skupin Entomophthorales (Zygomycota), nebo Ascomycota a Deuteromycota, ale také do Chytridiomycota
- Hmyz může být napadán během larválního stadia, které může žít v půdě nebo uvnitř nějakých substrátů, nebo napadá dospělý, létavý hmyz. Někteří z nich mohou být využiti v biologickém boji proti hmyzu.



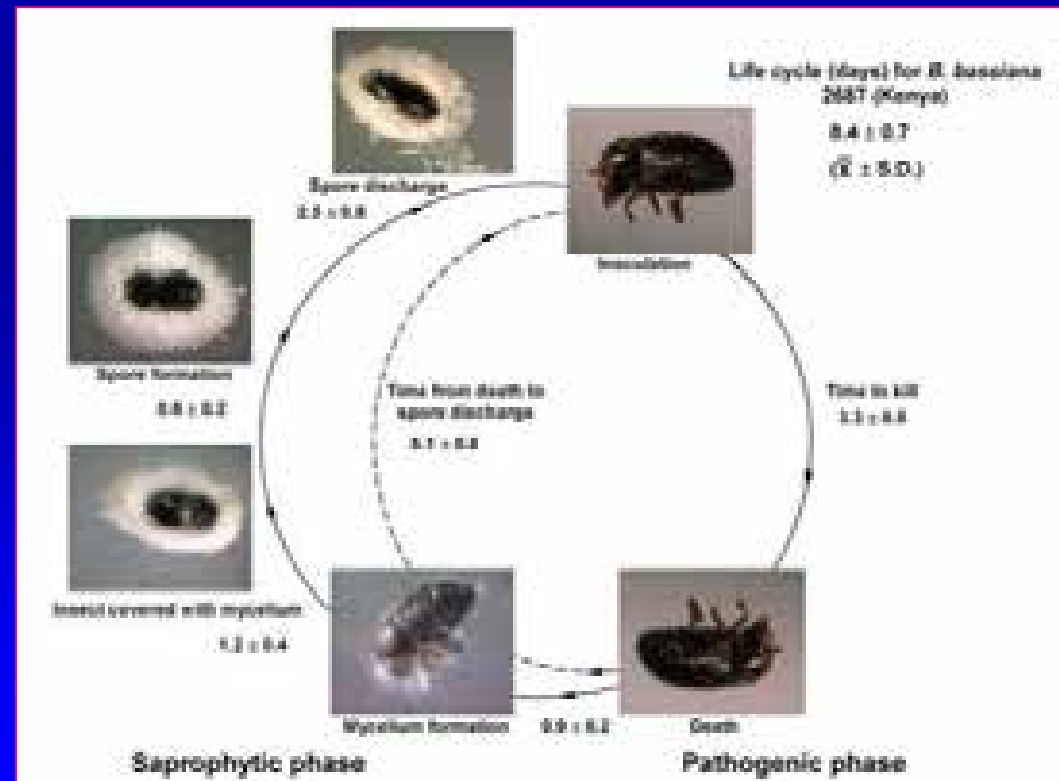
http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/23/6067.jpg

**Biologická kontrola mandelinky
bramborové houbou r. *Beauveria***

HOUBY PARAZITUJÍCÍ NA HMYZU

- Příklad infekčního cyklu (Ascomycota a Deuteromycota):
- Penetrace pomocí apresorií a penetračního vrcholu (pomocí enzymů proteázy, chitinázy).
- Dochází k růstu uvnitř tkáně hmyzu a produkci blastospor nebo hyfálních tělísek, kterými houba proniká do haemolymfy – což následně vede ke smrti buď z důvodu vyčerpání tělních cukrů či produkce toxinů.
- Poté se houba znovu vrátí do saprofytické fáze a extenzivně kolonizuje mrtvou tkáň hmyzu.
- Po smrti z mrtvého mumifikovaného těla pronikají na povrch konidiofory s konidiiemi.

Životní cyklus *Beauveria bassiana*



HOUBY PARAZITUJÍCÍ NA HMYZU

- Několik zástupců řádu Entomophthorales má odlišnou strategii - nezpůsobuje okamžitou smrt, ale kolonizují pouze limitovanou část těla hmyzu a k uvolňování spor dochází skrze malé mezery v exoskeletu po dlouhou dobu života hmyzu.



Entomophthora muscae

https://dspace.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/5477/Entomophthora_muscae_on_Hylemia.jpg?sequence=1

<http://www.youtube.com/watch?v=Vqg-pSmHJZA> VIDEO

ENTOMOPHTHORALES (ZYGOMYCOTINA)

- Zahrnuje druhy rodů *Entomophthora*, *Erynia*, které napadají mšice, mouchy, housenky a kobylky.
- Napadají dospělý hmyz, do kterého pronikají mezerami mezi plátky exoskeletu.
- Většina druhů řádu Entomophthorales jsou vysoce agresivní a zničí tkáň svého hostitele během několika dní.
- Některé z těchto druhů jsou specializované:
 - *Entomophthora grylli* – parazit mnoha kobylek, sarančí, cvrčků
 - *Entomophthora muscae* – široce rozšířený a běžný na mouchách

<http://www.biolib.cz/IMG/GAL/3928.jpg>



http://www.mycolog.com/3b_Entomophthora_sporang.jpg

Jednosporová sporangia (=konidie)
Entomophthora muscae



Moucha napadaná druhem *Entomophthora muscae* s popraškem spor v okolí mrtvého těla.

http://benrevell.co.uk/RevellPhotography/fauna/highslide/images/large/Entomophthora%20muscae_Fly%20fungi_0001.jpg



Entomophthora grylli

<http://m6.i.pbase.com/o9/20/1153920/1/156717806.LOVpzpC0.EntomophthoragrylliGrasshopperfungus.JPG>

HOUBY SKUPINY ASCOMYCOTA

- Nejznámějším parazitem je rod *Cordyceps*, s několika stovkami druhů <http://ocid.nacse.org/research/cordyceps/>
- Běžně napadá larvy nebo kukly (ale i dospělé) a produkuje v haemocelu buňky podobné kvasinkovým a obvykle zabíjí svého hostitele během několika týdnů po prvotní infekci.
- Pokračuje hyfální růst uvnitř těla, čímž celý organismus hmyzu se mění na sklerocium, které slouží k přežívání houby v nepříznivých podmínkách.
- Nakonec, pokud jsou podmínky vhodné, vyroste ze sklerocia fototropická plodnice, která obsahuje perithecia a askospory.



Cordyceps militaris

<http://www.youtube.com/watch?v=XuKjBIBBAL8>

<http://cordyceps.us/files/imagecache/preview/species/9011%20Cordyceps%20militaris.jpg>



Mravenec napadený druhem *Cordyceps lloydii*

http://www.utexas.edu/courses/zoo384l/sirena/species/fungi/cordyceps_campanotus%20.jpg



Pavouk r. *Tarantula* napadený r. *Cordyceps*

http://2.bp.blogspot.com/_IUdxmkGaV8I/UAGyqgpJEul/AAAAAAAAJuQ/4ySRU7ykH90/s1600/Cordyceps+on+Tarantula+B+Kendrick.JPG

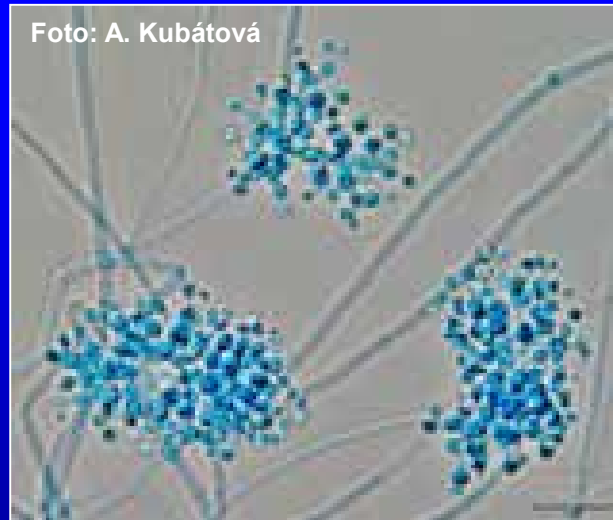


Moucha napadená druhem *Cordyceps dipterigena*

http://www.utexas.edu/courses/zoo384l/sirena/species/fungi/cordyceps_fly.jpg

HOUBY SKUPINY DEUTEROMYCOTA

- Zahrnuje větší počet rodů se schopností kolonizovat živý hmyz.
- Rody *Beauveria* a *Metarhizium* jsou nejvíce prozkoumanými houbovými parazity hmyzu
- Některé druhy rodů *Verticillium*, *Paecilomyces* a *Hirsutella* jsou fakultativními hmyzími patogeny.
- Tyto houby jsou dimorfické a uvnitř tělní tekutiny hostitele rostou ve své jednobuněčné kvasinkové formě. Později, když jsou zabity hostitelské tkáně, houba se přemění na hyfální formu a roste ven z těla.
- Druhy rodů *Metarhizium* a *Beauveria*, jsou zkoumány jako potencionální agenti biologické ochrany hmyzích škůdců.



Konidie *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes) a napadený hmyz



Foto: M. Kalista a Z. Landa

**Brouk nosatec
usmrčený houbou
Metarhizium, která
na jeho povrchu
sporuluje**



Foto: M. Kalista a Z. Landa

***Metarhizium anisopliae* var.
acridum se nyní používá pro
biologickou kontrolu sarančat a
kobytek v Austrálii**

KOMERČNÍ VYUŽITÍ

- *Beauveria bassiana* Strain GHA (obchodní název MYCOTROL GH-OF A MYCOTROL GH-ES) je registrována ke kontrole kobylek, sarančat, a cvrčků, což zlepšuje kvalitu pastvin, vojtěšky, sóji, cukrové řepy, slunečnic, řepky.

<http://www.youtube.com/watch?v=bqmckMKdLpU>

Mycotrol – obsahuje 11% spor *Beauveria bassiana* strain GHA



VERTICILLIUM LECANII (HYPHOMYCETES)

- **Způsobuje přirozené epidemie u dvou druhů hmyzu sajícího na rostlinách: mšicích (*Aphidoidea, Homoptera*), které způsobují znetvořeniny a přenášejí viry a na červcích (*Coccoidea, Homoptera*) v tropických oblastech a ve sklenicích**
- **Většina úspěšných komerčních biologických prostředků proti hmyzu je využívá ke kontrole molic, mšic a červců (hlavně na chrysentémách)**
- **Tato houba také může být použita proti rzím (parazituje na jejich sporách v experimentálních podmínkách) – mohou tedy poskytovat dvojí kontrolu (mají podobný znak, kterým je přítomnost chitinu).**

Lecanicillium muscarinum

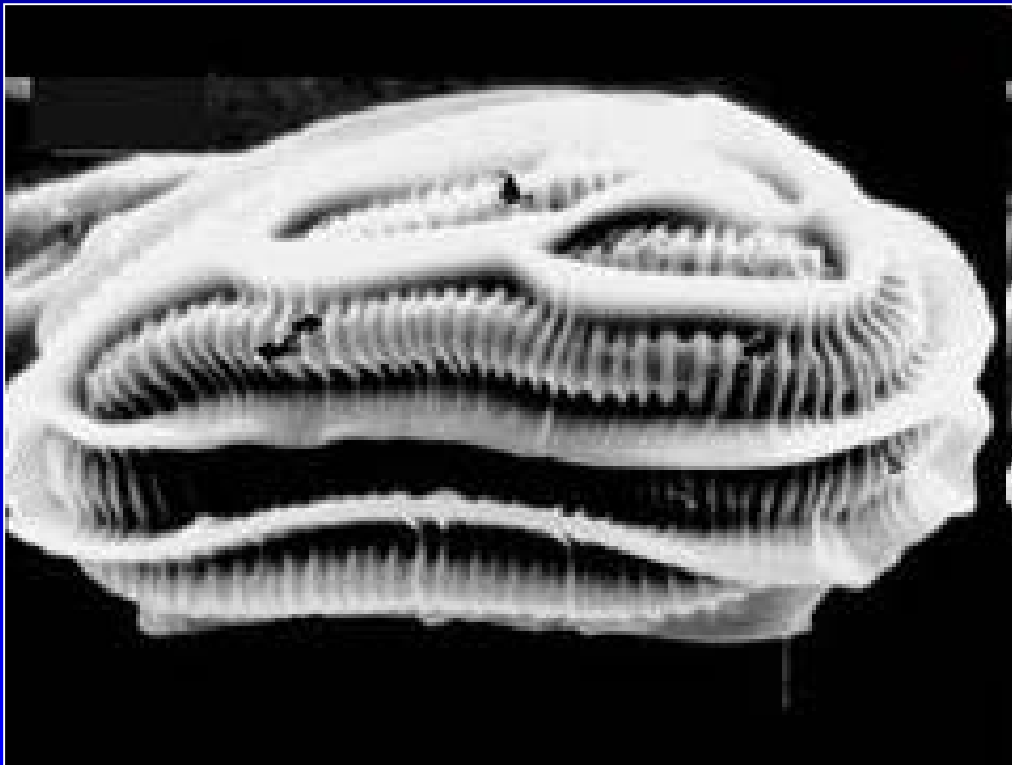


Foto: A. Kubátová



COELOMOMYCES

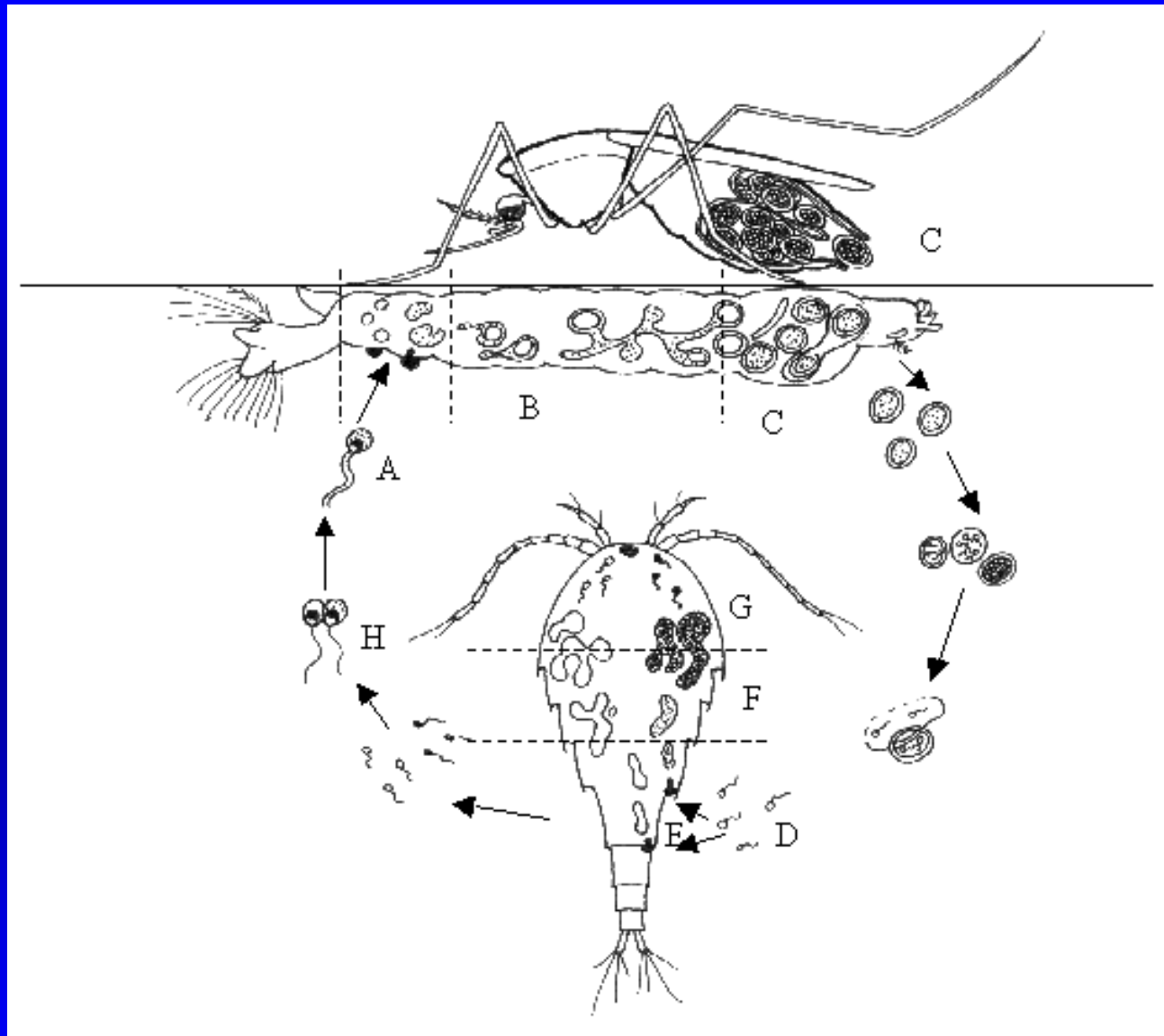
- Zástupce řádu Blastocladiales, Chytridiomycota
- Parazituje na larvách komárů, ale zoospory produkované na těchto larvách dovedou infikovat pouze larvy buchanek (r. *Cyclops*). Gamety, které jsou uvolňované z buchanek dovedou po fúzi infikovat pouze larvy komárů – dochází tedy k obligátnímu střídání hostitele v haploidní a diploidní fázi.



Spory r. *Coelomomyces*
v tělní dutině larvy
komára



Odpočívající spora r.
Coelomomyces



**Sporofyt –
komár**

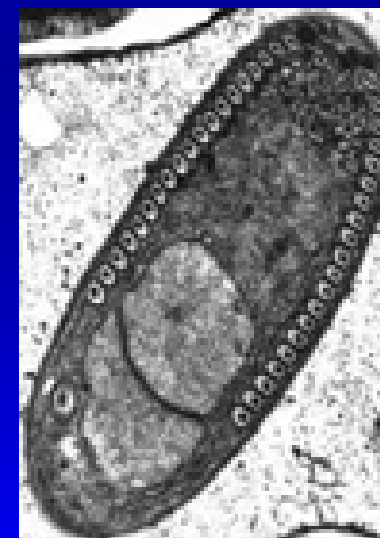
**Gametofyt-
buchanka**

Životní cyklus *Coelomomyces*

<http://144.92.199.79/4.19/ref/fig2.gif>

MIKROSPORIDIE - MICROSPORIDIOMYCOTA

- **Mikrosporidiální infekce u hmyzu jsou běžné a jsou zodpovědné za přirozeně se vyskytující nízkou až střední úmrtnost hmyzu. Ale jsou to relativně pomalu působící mikroorganismy, kterým trvá dny až týdny než zničí svého hostitele.**
- **Často redukují schopnost hostitele se rozmnožovat nebo přijímat potravu spíš než ho zabijí. Mikrosporidie často infikují široký okruh hostitelů.**
- **Některé mikrosporidie jsou zkoumány jako mikrobiální insekticidy a nejméně jeden je dostupný komerčně. Ale tato technologie je nová a vyžaduje perfektní užití těchto organismů.**
- **Většina mikrosporidií musí být pozřena, aby infikovala hmyz, ale je zde i určitý přenos uvnitř populace škůdce – například pomocí predátorů a parazitoidů. Patogen vstupuje do těla hmyzu v trávicí trubici, šíří se do různých tkání a orgánů a rozmnožuje se, někdy působí odumření a otravu – sepsi.**
- **Nejčastější druhy komerčně využívaných mikrosporidií - *Nosema pyrausta*, *Nosema locustae*, *Vairimorpha necatrix***



<http://www.taxateca.com/images/dominioeukaryota/reinofungi/Microsporidia.jpg>

Některé houby, které parazitují na hmyzu

Houba	Hostitel
<i>Metarhizium anisopliae</i> (Deuteromycota)	Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera
<i>Beauveria bassiana</i> (Deuteromycota)	Všechn hmyz
<i>Verticillium lecanii</i> (Deuteromycota)	Mnoho hmyzu, hlavně mšice, červci
<i>Cordyceps militaris</i> (Ascomycota)	Mnoho larev a kukel skupiny Lepidoptera, Coleoptera a Hymenoptera
<i>Entomophthora, Erynia</i> a podobné houby (Zygomycota)	Různí, často hostitelsky specifictí
<i>Coelomomyces</i> (Chytridiomycotina)	Komáři, pakomáři, často hostitelsky specifictí

NEMATOFÁGNÍ HOUBY

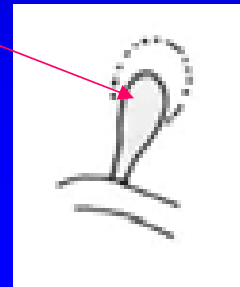
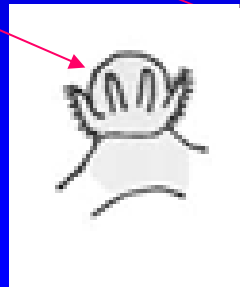
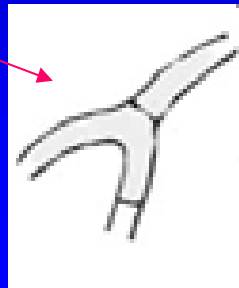
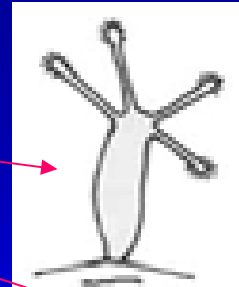
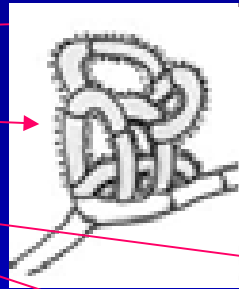
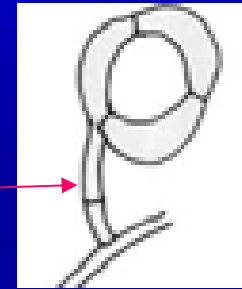
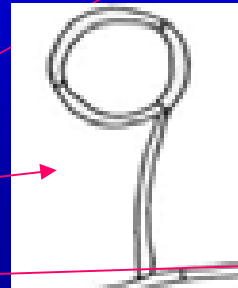
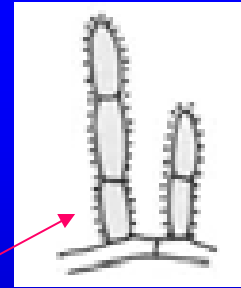
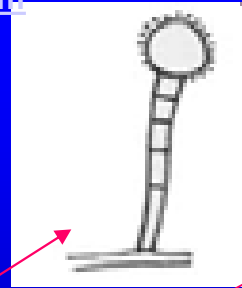
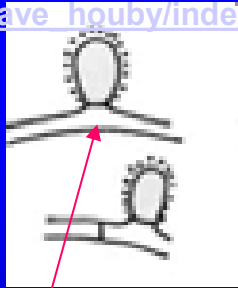
- **Nematofágní houby (živící se na hlístech (NEMATODA)) jsou běžné v prostředí bohatém na organické látky a zahrnují zástupce všech významných skupin hub.**
- **Patří hlavně do skupin Deuteromycota, ale také do skupiny Zygomycota (řádu Zoopagales), a někteří i do skupin Oomycota a Chytridiomycota.**
- **Můžeme uvažovat o 3 hlavních typech s různými adaptacemi na získávání potravy z nematod:**
 - 1. PREDÁTOŘI „CHYTAJÍCÍ“ HLÍSTY – HOUBY LOVCI**
 - 2. ENDOPARAZITICKÉ HOUBY**
 - 3. PARAZITI VAJÍČEK A CYST HLÍSTŮ**

PREDÁTOŘI „CHYTAJÍCÍ“ HLÍSTY = HOUBY LOVCI

- Všechny tyto houby jsou považovány za primárně saprofytické, ale dovedou využívat hlísty jako další zdroj potravy.
- Zahrnuje zástupce **Deuteromycota**: *Arthrobotrys*, *Monacrosporium*, *Harposporium*, *Dactylella*, *Dactylaria*, a **Zygomycota** (*Stylopage*, *Cystopage*)
- Všichni mají podobný způsob parazitismu: Hlísti jsou lapeni do pastí a houba potom proniká rychle pomocí penetračního vrcholu, tvoří zduřenou infekční hyfu, která vyplní tělo oběti a absorbuje jeho obsah. Obvykle je tato fáze dokončena během 1-3 dní, potom hyfy vyrůstají z mrtvého hlísta a dochází k produkci dalšího mycelia, lovicích zařízení nebo ke sporulaci.
- Houby loví hlísty pomocí speciálních zařízení (jeden druh houby může disponovat více typy lapacího zařízení):
 - Adhezivní hyfy
 - Adhezivní knoflíky
 - Adhezivní síť
 - Nestahující se oka
 - Stahující se oka

Přehled typů pastí u hub

- Přisedlý lepkavý knoflík
- Stopkatý lepkavý knoflík
- Postranní myceliální větve
- Fixní oka
- Stahující oka
- Sítě
- Čepy (Zygo)
- Nespecifické výběžky (Zygo)
- Sekreční buňky (Pleurotus)
- Stefanocysty (Hyphoderma)
- Toxické mycelium (Hyphoderma)



NEMATOFÁGNÍ HOUBY - DEUTEROMYCOTA

Několik druhů rodu *Arthrobotrys* (Hyphomycetes) má specializované adhezivní (lepivé) boční myceliální větve na jejich přímé jinak nelepící asimilační hyfě.



http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Article%20Images/Nematode_Fig08b.jpg

Monacrosporium cionopagum

Adhezivní knoflíky jsou specializované, zduřené buňky, pokryté „lepidlem“, a často umístěné na konci krátkých bočních myceliálních větví. Jsou nacházeny u téměř 20 druhů rodů *Arthrobotrys*, *Dactylella* a *Nematoctonus*.



Adhezivní knoflíky u lovicí nematofágní houby

***Monacrosporium elliposporum*
rostoucí z chyceného hlísta**

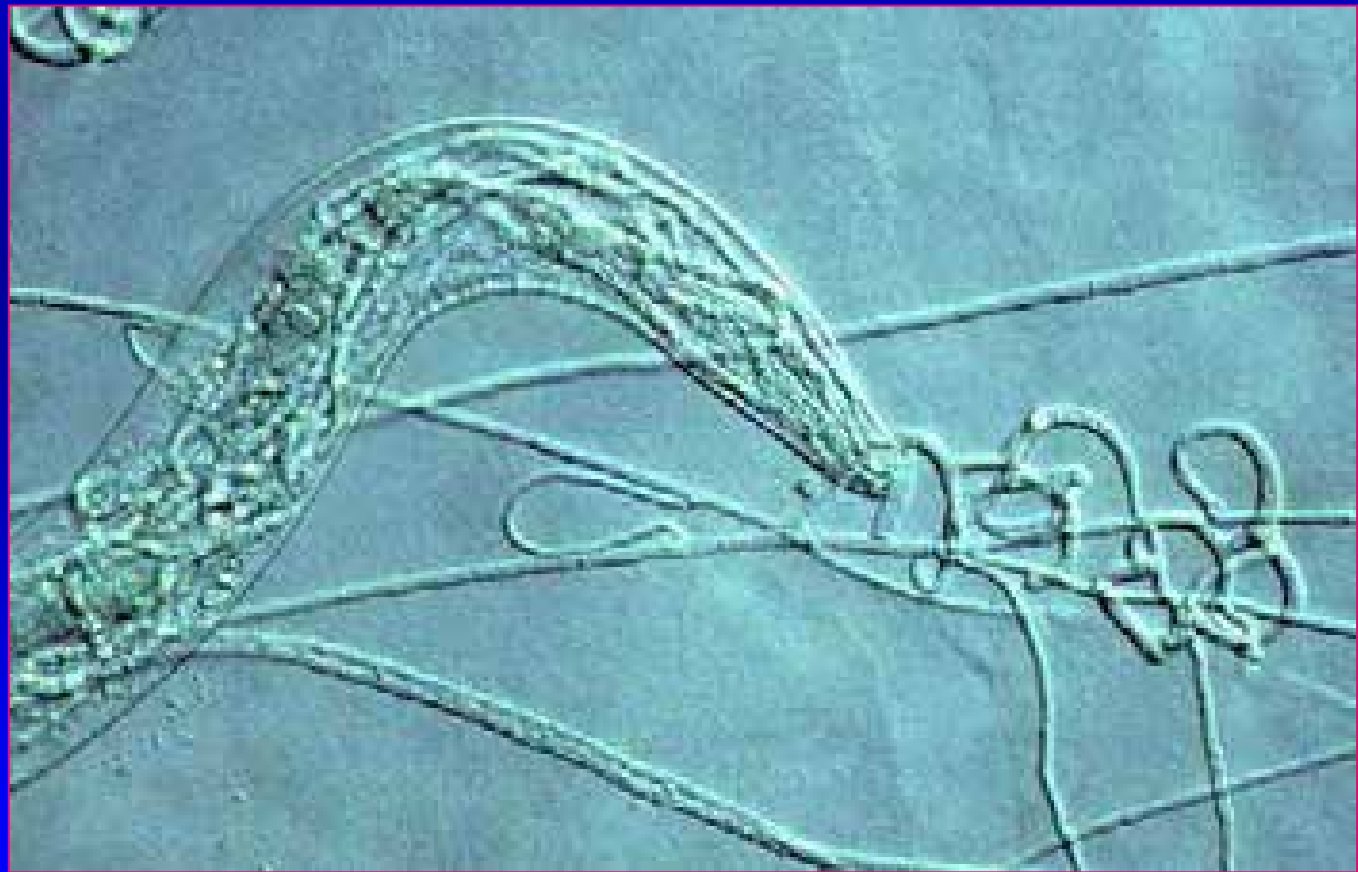


<http://www.uoguelph.ca/~gbarron/2008/dactyl3.jpg>

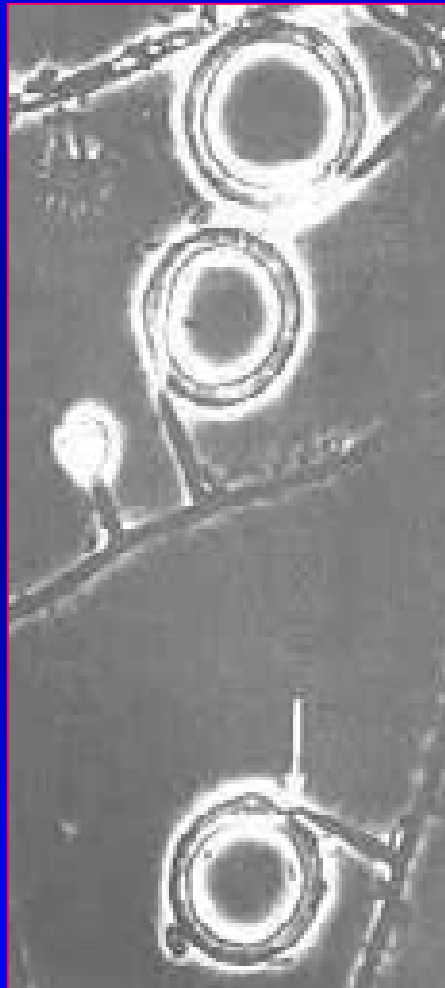
http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/FungalBiology/fig15_8b.jpg

Adhezivní sítě jsou pravděpodobně nejběžnějším chytacím zařízením. Původně vznikají jako anastomózy vedlejších adhezivních větví. Jiné mohou být daleko více složitější, jako např. trojrozměrné sítě druhu *Arthrobotrys oligospora*.

Adhezivní sítě druhu *Arthrobotrys oligospora*

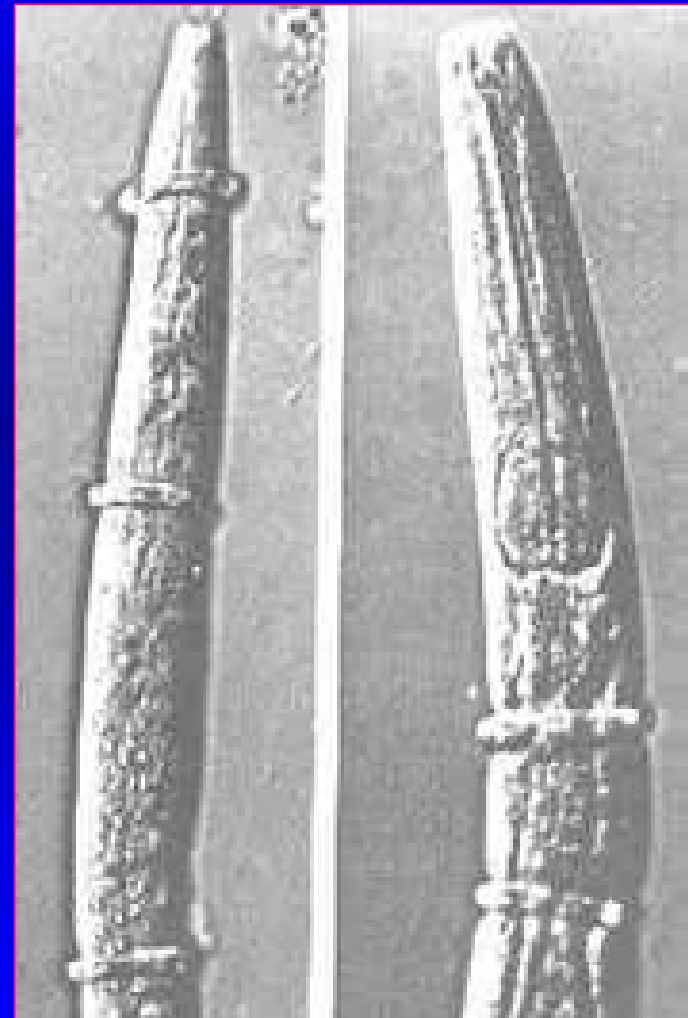


Nestahující se oka, jsou produkovány 4 druhy rodu *Arthrobotrys* (Hyphomycetes). Jednoduchá hyfa roste až vytvoří pravidelný kruh. Pokud hlíst vlezle do tohoto kruhu, kruh pevně těsně obepne jeho tělo a snadno se ulomí z původního mycelia.



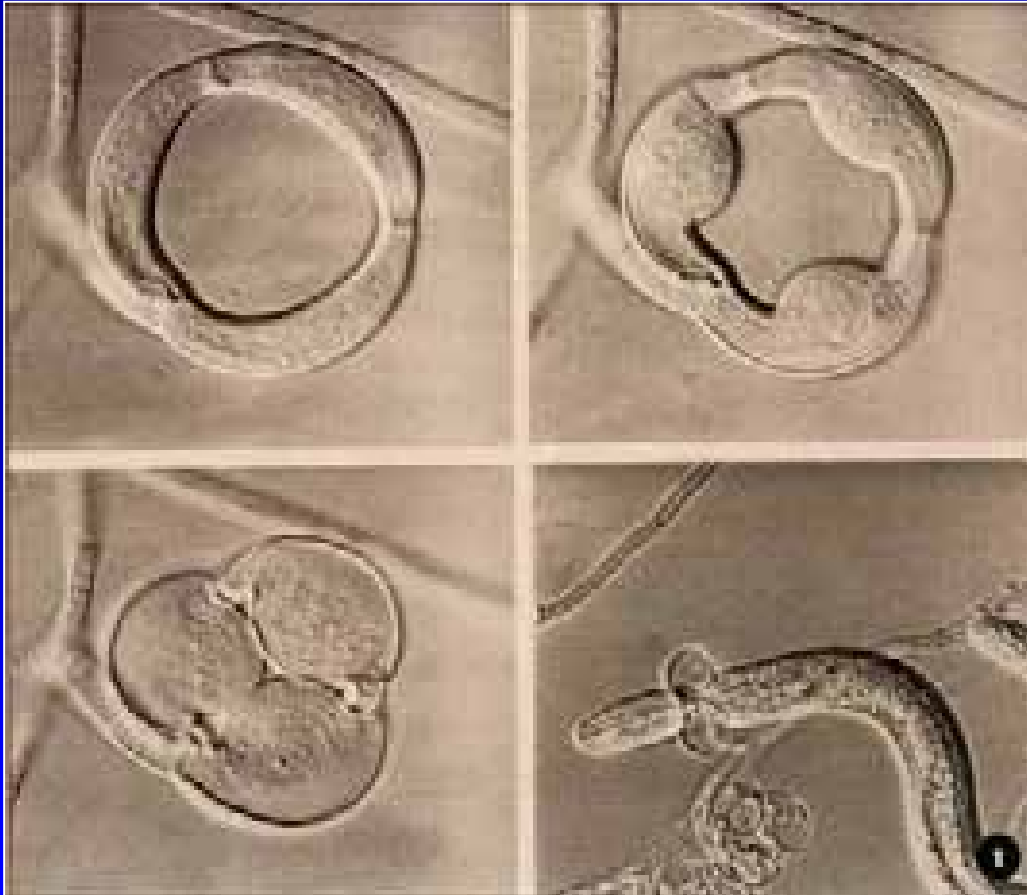
Arthrobotrys candida

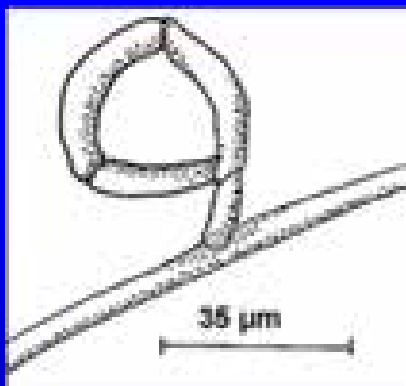
http://www.mycolog.com/15-7_detachable_rings2.jpg



http://www.mycolog.com/15-6_detachable_rings.jpg

Stahující se oka jsou nejpromyšlenějším způsobem lovení hlístů. Jsou produkovány nejméně 12 druhů skupiny Hyphomycetes, hlavně druhy rodu *Arthrobotrys*. Pokud hlísti prolezou skrze smyčku, a dotknou se vevnitř jedné nebo více buněk, za pár sekund dojde k simultánnímu nafouknutí buněk dovnitř. Tři buňky každého stahujícího se oka vyvíjí velký tlak, který vzniká díky velkému osmotickému tlaku uvnitř mycelia houby hlístu pevně chytanou.





**Mechanismus chytání
pomocí stahujících se ok**

Arthrobotrys anchonia

<https://halifaxgardennetwork.files.wordpress.com/2011/08/arthrobotrys-anconia.jpg>



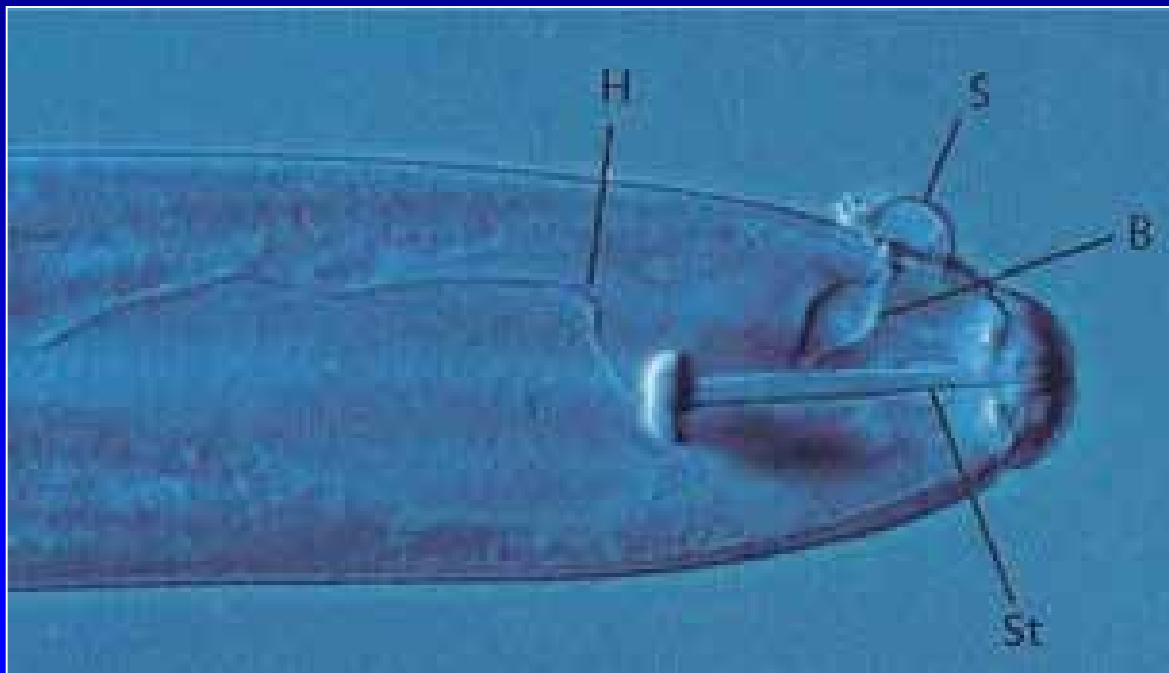
<http://www.youtube.com/watch?v=v8Y8i5DDsH>

<http://www.youtube.com/watch?v=14zmmbXsyuM&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=Uktd10jLPA M&feature=relmfu>

ENDOPARAZITÉ

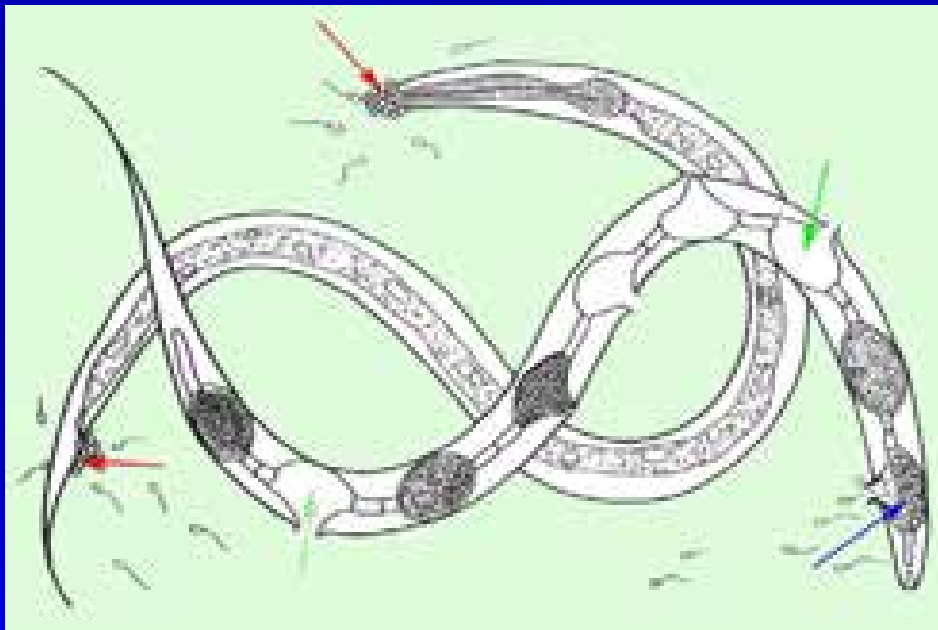
- Endoparazitické houby jsou odlišné od lapacích hub, jelikož závisejí na hlístech jako na výhradním zdroji výživy.
- *Catenaria anguillulae* (Chytridiomycota), *Haptoglossa* (Oomycota), *Hirsutella rhossilliensis* (Deuteromycota) produkují zoospory nebo adhezivní konidie, které jsou přitahovány k hlístům pomocí chemotaxe.
- Po přilnutí na povrch hlísta zoospory rychle klíčí a po té hyfy vyplní hostitele a zabijí ho během několika dní. Nakonec hyfy rostou skrze buněčnou stěnu hostitele a produkují další dávku spor.



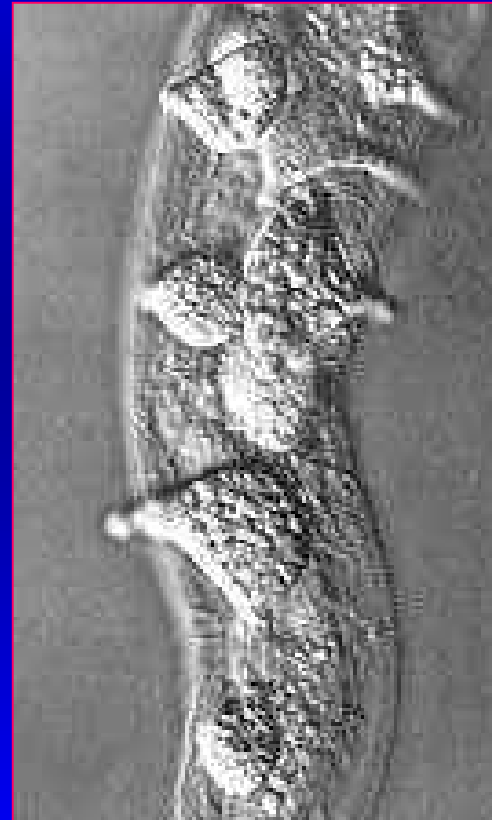
Hirsutella rhossilliensis, endoparazitická houba na hlístech. Infekce začíná ze spory (S), která přilne blízko úst hlísta.

Catenaria

Jednobičíkaté zoospory rodu *Catenaria* (*Chytridiomycota*) se přibližují aktivně k hlístu pomocí chemotaxe a encystují poblíž jeho úst nebo řitního otvoru předtím než penetrují kutikulu a napadnou vnitřní orgány, které jsou nakonec více či méně nahrazeny zoosporangii houby.



<http://www.uoguelph.ca/~qbarron/2008/catena1.jpg>



Catenaria anguillulae

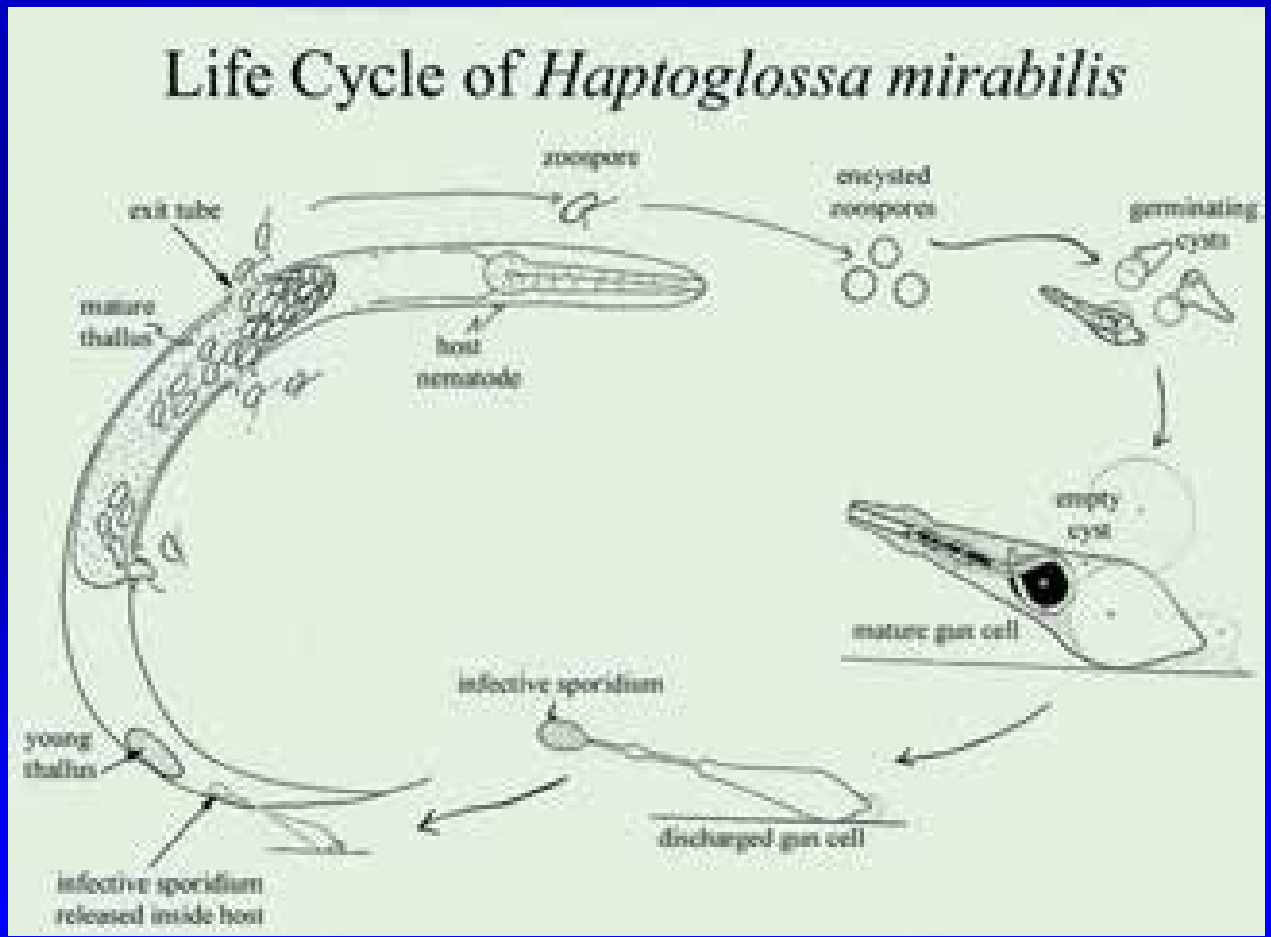
http://www.mycolog.com/15-12_Catenaria.jpg

Catenaria anguillulae



<http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/catenar.htm>

Rod *Haptoglossa* (Oomycota) je unikátní mezi houbami. Vypouští z velkých sporangií, které se vyvíjejí v těle hlísta, spory, které mají harpunovité buňky. Harpunovité buňky přilnou na nové oběti a pomocí špičky harpunu houba penetruje do těla hlísta, kde roste a kde se dále vyvíjí nová sporangia.



PARAZITÉ DALŠÍCH BEZOBRATLÝCH

Mnoho dalších hub napadá další půdní a vodní bezobratlé jako např. améby, vířníky, prvoky, korýše a měkkýše

Zoophagus (OOMYCOTA) chytá vířníky pomocí „vraždících lízátek“ – což jsou lepivé tyčinky, které se vířníci snaží sníst. Tyčinky po olíznutí produkují lepivou hmotu a rozrostou se do tělní dutiny vířníka, čímž mu znemožní únik.



<http://www.youtube.com/watch?v=lkcR-5jguKQ>

Aphanomyces astaci

- Je původcem Račího moru.
- Náleží do řádu Saprolegniales skupiny Oomycota
- Je to specializovaný parazit, který napadá pouze populace raků. Houba je endemická v severní Americe, ale parazitická forma byla introdukována i do Evropy.
- Původní evropská populace raků není odolná vůči této chorobě. Od té doby tato houba devastuje populace raků na kontinentu.
- Onemocnění je pro raky vysoce nakažlivé, šíří se vodním prostředím i bez přímého kontaktu s nakaženými jedinci. Mortalita nakažených jedinců je téměř 100%.
- Nákaze a průběhu onemocnění nelze zabránit
- Na povrchu raků se objevují černé melanizované skvrny
- Příznaky račího moru mohou být i přítomnost raků za denního světla, část z nich vykazuje příznaky ztráty koordinace pohybů a snadno upadají na záda a jsou neschopni pohybu.
- Melanizovaná tmavá skořápka se vyskytuje u chronicky infikovaných raků.

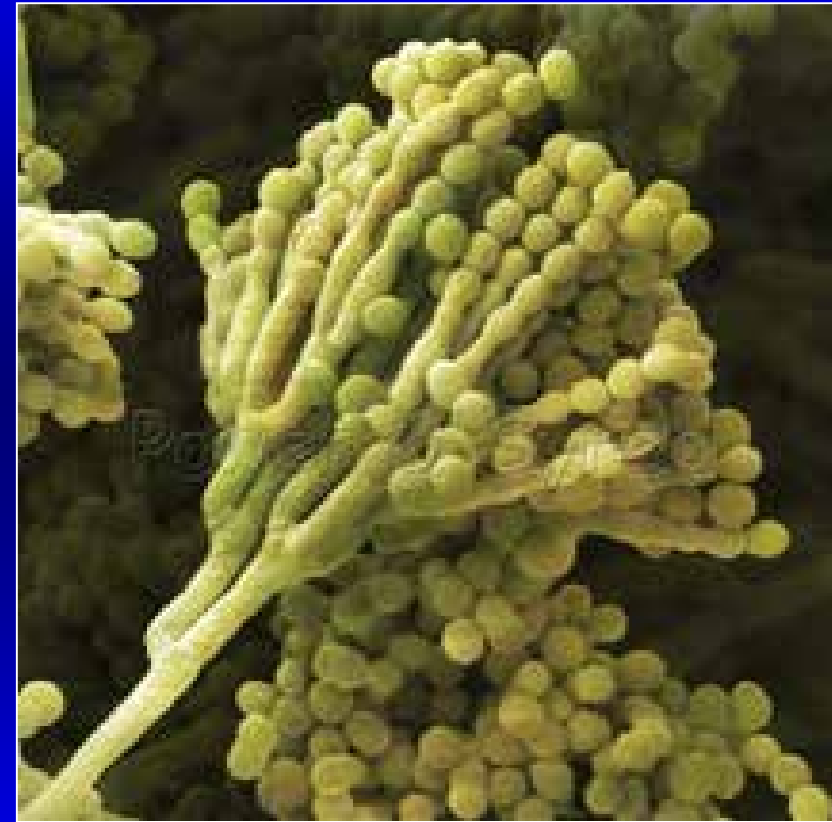
Račí mor - část článků s
typickými příznaky





http://www.caf.wvu.edu/kearneysville/disease_descriptions/disease_images/bluemold.JPG

***Penicillium expansum* na jablku.
Produkce mykotoxinu PATULINU
(podobně jako *Penicillium
patulum*)**



http://www.psmicrographs.co.uk/_assets/uploads/mould-fungus--penicillium-expansum--80200576-1.jpg

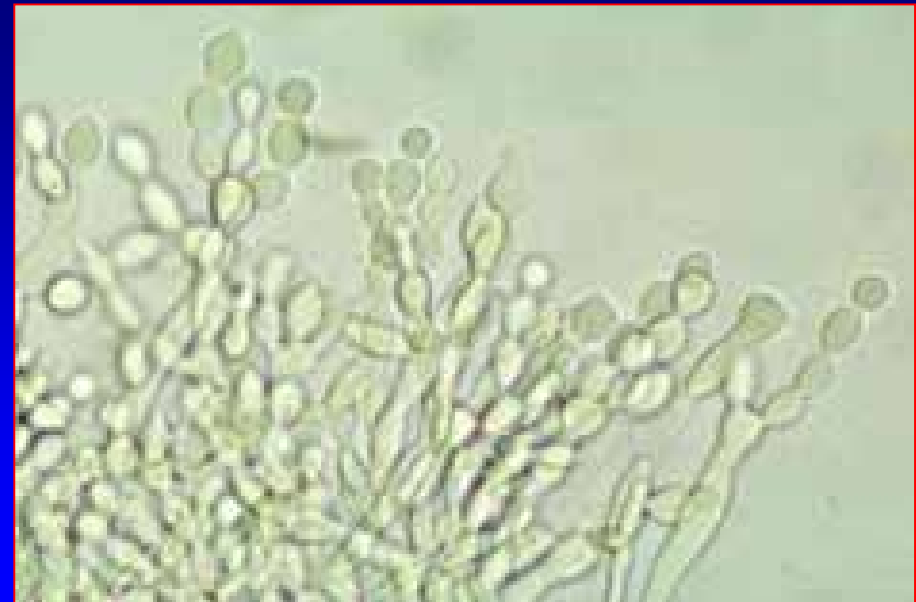
**Konidiofory s
konidiemi *Penicillium
expansum***

<http://botany.cz/foto/kloubherb2.jpg>



***Monilia fructigena*,
teleom. *Monilinia*
na jablkách**

**Konidiofory s
konidiami *Monilia fructigena* z
infikovaného
jablka.**



<http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/monilia.jpg>



Foto: B. Mieslerová

***Monilia laxa* - Moniliová hniloba**
makroskopické příznaky moniliové hniloby na broskvích

2. NEKROTROFNÍ PATOGENI

2. C. CÉVNÍ PATOGENI ZPŮSOBUJÍCÍ VADNUTÍ A JINÍ ENDOFYTÉ

- Cévní patogeni způsobují některé velmi devastující rostlinné choroby
- Cévní patogeni mohou způsobovat smrt pomocí produkce toxinů (např. fusariová kyselina) a také způsobují smrt buněk nepřímo, tím, že blokují průchod tekutin xylémem (např. *Fusarium oxysporum*, *Ophiostoma ulmi*). Cévice a cévy (tracheje a tracheidy) jsou blokovány hyfami a sporami, houbovými polysacharidy nebo tylózami (produkovány parenchymatickými buňkami rostlin)
- Systemická kolonizace xylému vede k různým symptomům jako např. žloutnutí a nekrózy listů, vadnutí a případná smrt rostliny (často toxiny se podílejí na vadnutí)
- Často způsobované druhy *Fusarium oxysporum*, *Verticillium albo-atrum* (Deuteromycetes) a *Ophiostoma* (Ascomycetes)
- Vstupují skrze poranění nebo přes cortex mladých částí kořene, před tím než se vyvine endodermis



<http://www.camtagroup.com/wp-content/uploads/2012/07/Fusarium-oxysporum-lycopersici-symptoms-on-tomato.jpg>

Vadnutí rajčete způsobení rodem *Fusarium*

Konidie r. *Fusarium*

Foto: M. Sedlářová





<http://www.extension.umn.edu/garden/yard-garden/vegetables/verticillium-wilt-of-tomatoes-and-potatoes/img/fig1.jpg>

Řez stonkem rajčete ukazující mikrosklerocia rodu *Verticillium*



http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/Images/ Tomato/Tom_Vertic/TomVertCollage.jpg

Vadnutí rajčat způsobené rodem *Verticillium*

Peritecium druhu *Ophiostoma ulmi* s myceliem



http://www.exoticpests.gc.ca/images_web/imfc/maladies/large/ophiostoma_ulmi_1.jpg

https://microbewiki.kenyon.edu/images/thumb/d/d6/Ophiostoma_ulmi.jpg/400px-Ophiostoma_ulmi.jpg

***Ophiostoma novo-ulmi* -
holandská nemoc jilmů**



2. NEKROTROFNÍ PATOGENI

2. D. LISTOVÍ PATOGENI ZPŮSOBUJÍCÍ SKVRNITOSTI A ANTRAKNÓZU

- **Výskyt skvrn nebo ohraničených nekrotických skvrn (antraknóza) na listech nebo stoncích**
- **Jsou způsobovány hlavně zástupci skupiny Deuteromycotina (r. *Septoria*, *Cercospora*, *Ascochyta*, *Mycosphaerella*, *Colletotrichum*)**



<http://www7.inra.fr/hyp3/images/6030823.jpg>

***Cercospora beticola* Skvrnatička
řepná**



<http://botany.upol.cz/atlas/system/images/ascomycetes/dothideales/54.jpg>

***Mycosphaerella fragariae* na
listech jahodníku (*Ramularia tulasnei*)**



http://www.bitkisagligi.net/Fasulye/fasulyeresim/Colletotrichum_lindemuthianum-2.jpg

Colletotrichum lindemuthianum na luscích fazolu



<http://www.2020seedlabs.ca/sites/default/files/Ascochyta%20-%20field%20pea%20pod.jpg>

Ascochyta pisi na hrachu



Septoria apii na listech celeru

2. NEKROTROFNÍ PATOGENI

2.E. STROMOVÍ PARAZITI

- **Stromy jsou často napadány nekrotrofními patogeny**
- **Část patogenů proniká skrze poranění – *Piptoporus betulinus*, *Polyporus squamosus* – napadají pouze oslabené stromy**
- **Pouze 2 druhy houbových patogenů napadají i zdravé neoslabené stromy - *Armillaria ostoyae*, *Heterobasidion annosus*. Penetrují skrze pařezy a pak se kořeny dostávají do zdravých stromů. Mohou však růst také jako saprofyté na mrtvých pařezích obětí.**



***Armillaria ostoyae* Václavka smrková**
– po usmrcené stromu na něm může růst jako saprofyt



Foto: B. Mieslerová

*Heterobasidion
annosum*

Kořenovník
vrstevnatý
(jehličnany)

**Agresivní parazit, který
napadá poražené
pařezy, rozšiřuje se
pomocí kořenového
systému a zabíjí mnoho
druhů jehličnanů**

HOUBOVÍ PARAZITÉ ŘAS

MOŘSKÁ VODA

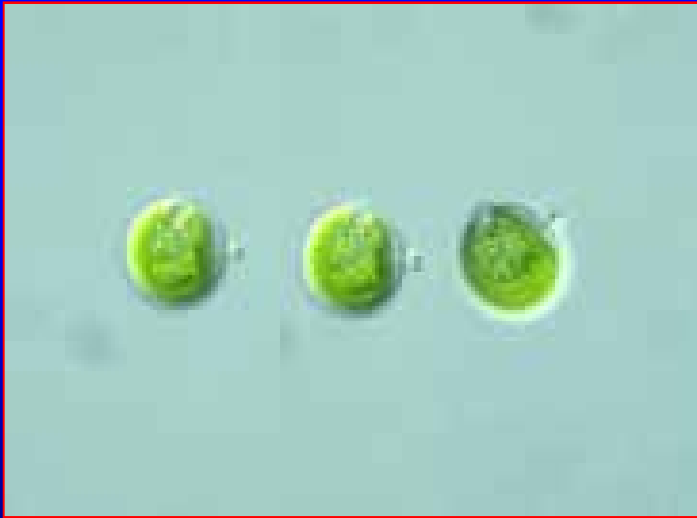
V současnosti je popsáno více než 200 vláknitých mořských hub. Asi čtvrtina nebo třetina z nich žijí jako parazité na řasách. Většina z nich náleží do skupiny Ascomycota. Hnědé, červené a zelené řasy nebo rozsivky jsou jejich častými hostiteli.

SLADKÁ VODA

Mnoho parazitů sladkovodních řas přináleží do skupiny Chytridiomycota, Oomycota, Hyphochytriomycota i Zygomycota.

CHYTRIDIOMYCOTA – HOUBOVÍ PARAZITÉ ŘAS

- Většinou nevytvářejí vláknité struktury, ale jsou spíše jednobuněčné se systémem rhizoidů, které obsazují hostitelskou buňku.
- Téměř každý známý druh řas má svého specifického parazita.
- Infekce houbou by neměly být podceňovány. Infekce téměř všech velkých kolonií řas je často pozorována při konci tvorby „vodního květu“.
- Zástupci Chytridiomycota napadají jednak sinice (*Cyanophyceae*), ale i kolonie zelených řas (*Volvocales*, *Chlorococcales*).
- Zástupci této skupiny řas se liší v chemickém složení jejich buněčných stěn a tak příslušní parazité musí mít hodně rozličných enzymů k dispozici.
- K destrukci buněk řas dochází po kontaktu (cell-to-cell), tzn. houba nevylučuje žádné sloučeniny, které by bez kontaktu byly schopny rozložit buňky hostitele.



Rhizophydium
sp. **napadající**
řasu r.
Spirogyra sp.

http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Eumycota/Rhizophydium/sp_1.jpg

Rhizophydium sp.
napadající řasu r.
Chlamydomonas

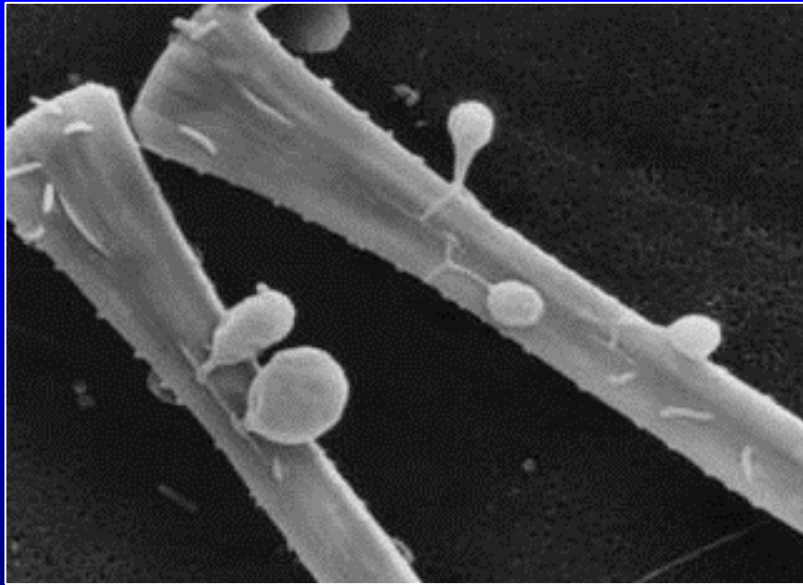


http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Eumycota/Rhizophydium/s_p_23c.jpg

Rhizophydium sp.
Sporangia na kousku
vlákna řasy r.
Oedogonium



<http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/barr/4-1.jpg>

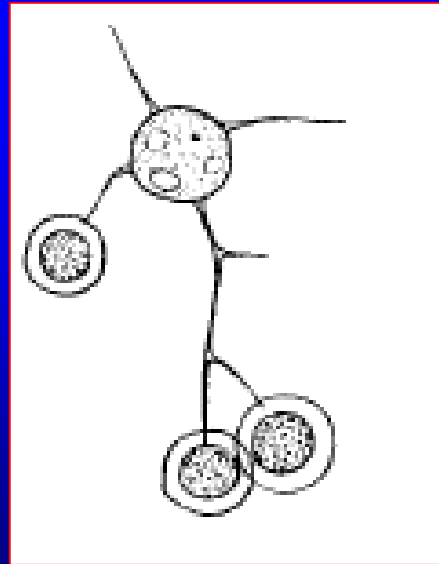


<https://www.nioo.knaw.nl/sites/default/files/users/fvaandrager/J6AD91246-BCDC-BBE8-A5C9827621D84F5A.jpg>

***Chytridium* sp. na řase
*Asterionella***

http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/Images/Eumycota/Rhizophyidium/sp_10.jpg

***Chytridium versatile* –
houbový parazit na
rozsivkách**



***Polyphagus
euglenae*,
parazit řas r.
Euglena,
vyživuje se
nejednou z
více hostitelů**

Podle Lukavský



Oddělení: HYPHOCHYTRIOMYCOTA

Malá skupina, morfologicky podobná chytridiomycetům, ale biochemicky a ultrastrukturálně spíš oomycetům.

**Stélka – holokarpická (monocentrická),
- eukarpická (monocentrická nebo polycentrická)**

Buněčná stěna obsahuje i celulózu i chitin



http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Eumycota/Anisopidium/sp_2.jpg

***Anisopidium sp.*-
parazit řas**

Oddělení: OOMYCOTA

Stélka: u primitivních typů: Jednobuněčná endobiotická (uvnitř protoplastu hostitele, bez buněčné stěny),
monocentrická (ze stélky vzniká 1 sporangium)
eukarpická (část se přemění v rozmnožovací orgán)
holokarpická (celá se přemění v rozmnožovací orgán)

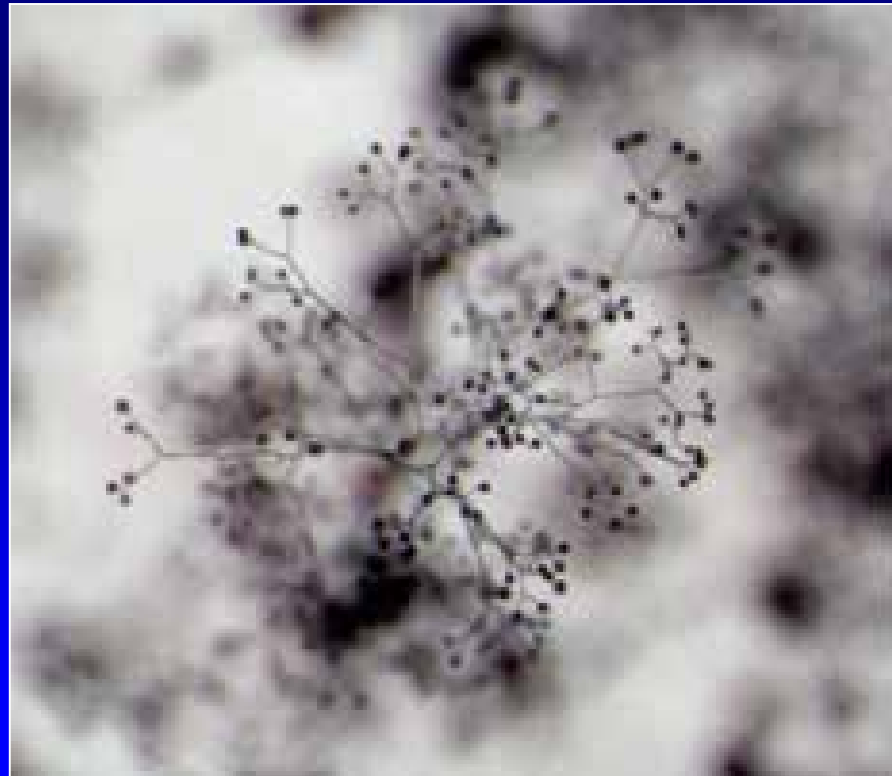


Myzocytiium

Parazité řas: rody *Ectrogella*, *Achlya*, *Lagenidium*, *Woronia*,
Myzocytiium

HOUBOVÍ PARAZITÉ JINÝCH HUB

- **Mykoparazitismus** – okolo 3000 houbových druhů jsou paraziti na jiných houbách
- Někteří parazité jsou **BIOTROFOVÉ**. Většina biotrofních mykoparazitů jsou zástupci skupiny Zygomycota (*Piptocephalis*). Absorbují živiny z živých buněk hostitele a mají úzký hostitelský okruh.



Piptocephalis

<http://zygomycetes.org/images/259.jpg>

▪ **NEKROTROFNÍ MYKOPARAZITÉ** (zabíjejí pletivo hostitele) – zahrnují některé zástupce skupiny Deuteromycota (*Trichoderma*, *Gliocladium roseum*), kteří mají široký hostitelský okruh a dále skupiny Oomycota (např. *Pythium*) a Zygomycota (*Spinellus*).

▪ Způsob napadání může být dvojitý - buď fyzicky (hyfy jedné houby penetruje hyfy jiného mycelia) nebo chemický (hyfy jedné houby produkuje sloučeniny, kterými rozkládá hyfy jiného mycelia) – nebo kombinace obojího.

▪ Pokud je hostitel patogenní houby sám parazitem, mluvíme o **HYPERPARAZITISMU** – e.g. *Ampelomyces quisqualis*

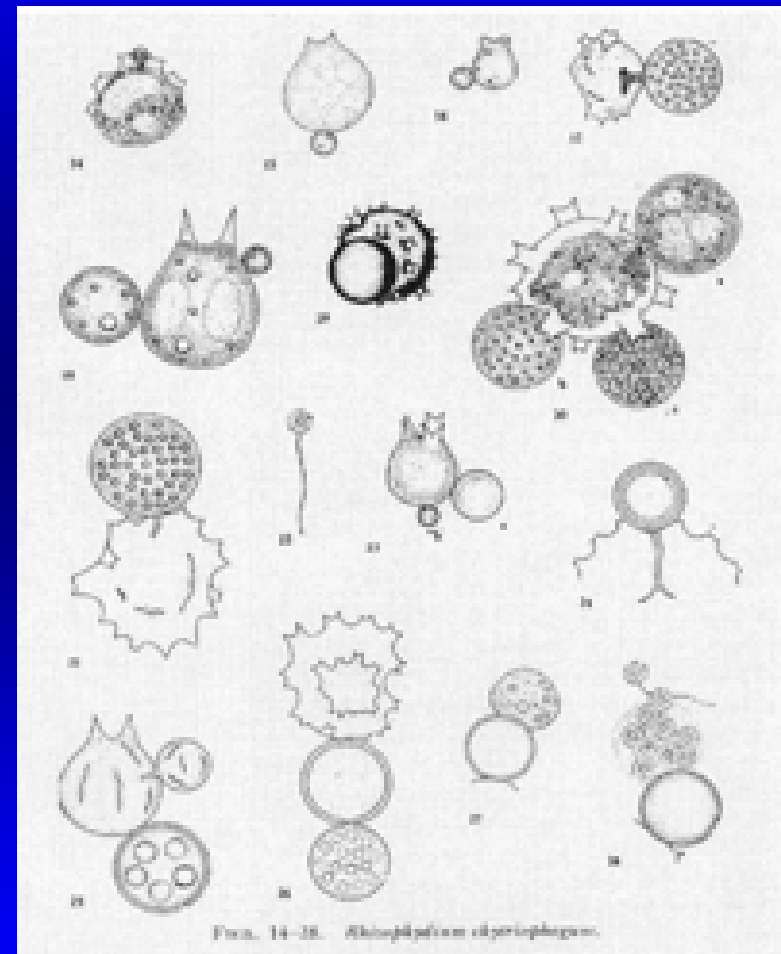
▪ Makroskopické houby, které napadají jiné makroskopické houby - neumíme přesně rozlišit, zda se jedná o biotrofy nebo nekrotrofy (např. *Boletus parasiticus* na *Sclerotinia citrinum*) –

▪ Některé mykoparazitické houby se používají v biologickém boji proti jiným houbám – např. r. *Trichoderma* proti druhům *Sclerotinia*, *Botrytis*, *Fusarium*.

HOUBOVÍ PARAZITÉ JINÝCH HUB – CHYTRIDIOMYCOTA

Někteří zástupci skupiny Chytridiomycota mohou napadat jiné vodní plísně nebo jiné Chytridiomycota

Rhizophydium chytriphagum sp.

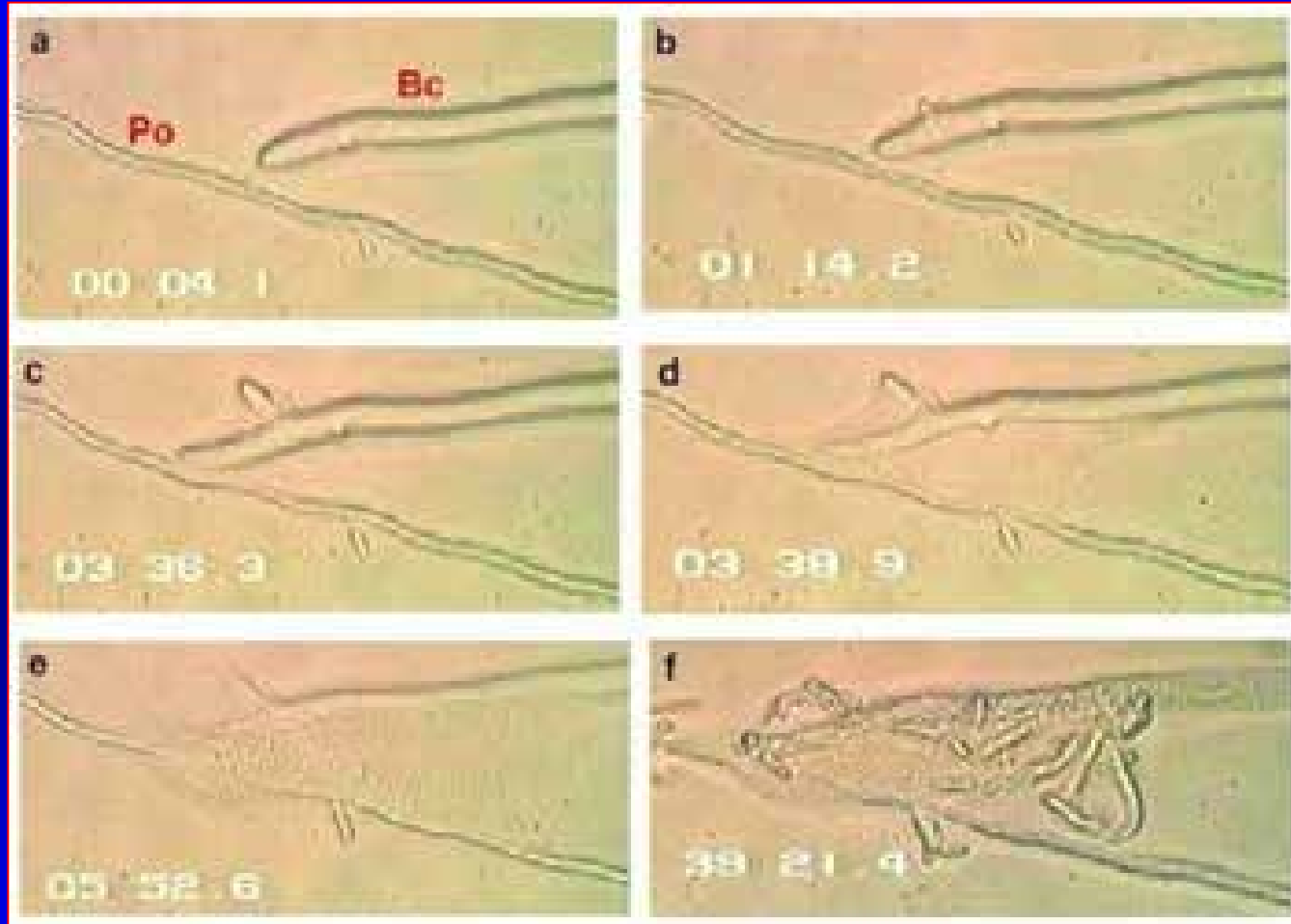


R. chytriphagum Ajello, from Ajello 1945.

Ajello, L. 1945. *Phycochytrium aureliae* parasitized by *Rhizophydium chytriphagum*. *Mycologia* 37: 109-119.

HOUBOVÍ PARAZITÉ JINÝCH HUB - OOMYCOTA

<http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/poliq3.jpg>



Pythium oligandrum (Po) parazituje na druhu *Botrytis cinerea* (Bc). Tento druh je nacházen také ve sporách mykorhizního druhu *Glomus macrocarpum*.

Pythium oligandrum -CHYTRÁ HOUBA

- **Houbový organizmus *Pythium oligandrum* proniká svými vlákny do buněk parazita (plísně nebo kvasinky) a čerpá z něho pro svoji výživu potřebné látky. Na podkladě výživové a prostorové kompetice tak vytlačuje z prostorů patogenní kožní houby. Podstatou účinnosti přípravku je produkce enzymů a parazitování na plísněných chorobách.**
- **Po splnění tohoto úkolu (vyčerpání parazita) mizí z této lokality (lidské tělo není pro něho přirozené prostředí a není schopen se v tomto prostředí adaptovat) a uvolňuje prostor pro znovuosídlení tzv. normální mikroflórou.**
- **Velmi dobře působí i na neduhy, které nejsou vyvolány houbami jako například lupenka, atopický ekzém, nebo živé rány diabetiků, kde působí převážně enzymatickou formou.**

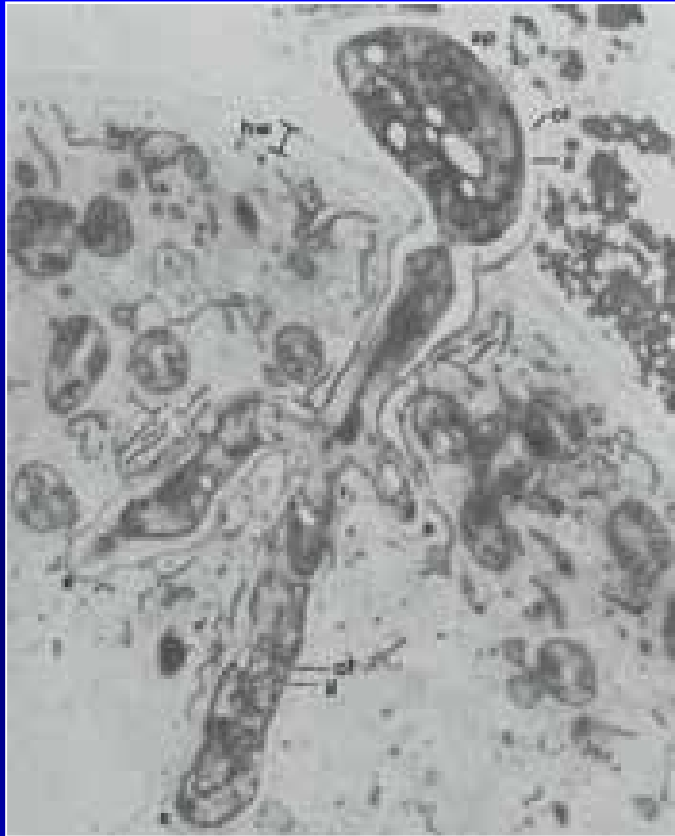
NOVĚ: BIO REPEL!!!!

je ojedinělý, biologický a ekologicky čistý přípravek , představující nové možnosti ošetřování zdí v objektech proti nežádoucím vlivům plísní



<http://www.pythium.eu/images/product/195b.jpg>

HOUBOVÍ PARAZITÉ JINÝCH HUB - ZYGOMYCOTA



http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/FungalBiology/fig12_10a.jpg

Apresorium (ap) a větvené haustorium mykoparazita

Piptocephalis unispora
(Zoopagales, Zygomycotina) **v houbovém hostiteli**

Cokeromyces recurvatus



© Alena Kubátová

***Piptocephalis*, parazit jiných zástupců řádu Mucorales**

https://www.natur.cuni.cz/biologie/botanika/veda-a-vyzkum/atlas-zygomycetu/seznam/piptocephalis-sp/piptocephalis-sp.-sporangiofor-1/image_preview

HOUBOVÍ PARAZITÉ JINÝCH HUB - ZYGOMYCOTA



Foto: B. Mieslerová

***Mycena* sp. (Helmovka), je napadána parazitem (snad nekrotrofním) *Spinellus fusiger* (Houbáš hnědý). Tento druh může napadat více druhů lupenitých hub, ale zdá se, že rod *Mycena* preferuje**

HOUBOVÍ PARAZITÉ JINÝCH HUB – ASCOMYCOTA



Cordyceps capitata - tato houba je sice rozšířená, ale ne běžná a parazituje na podzemních plodnicích rodu jelenka *Elaphomyces*.

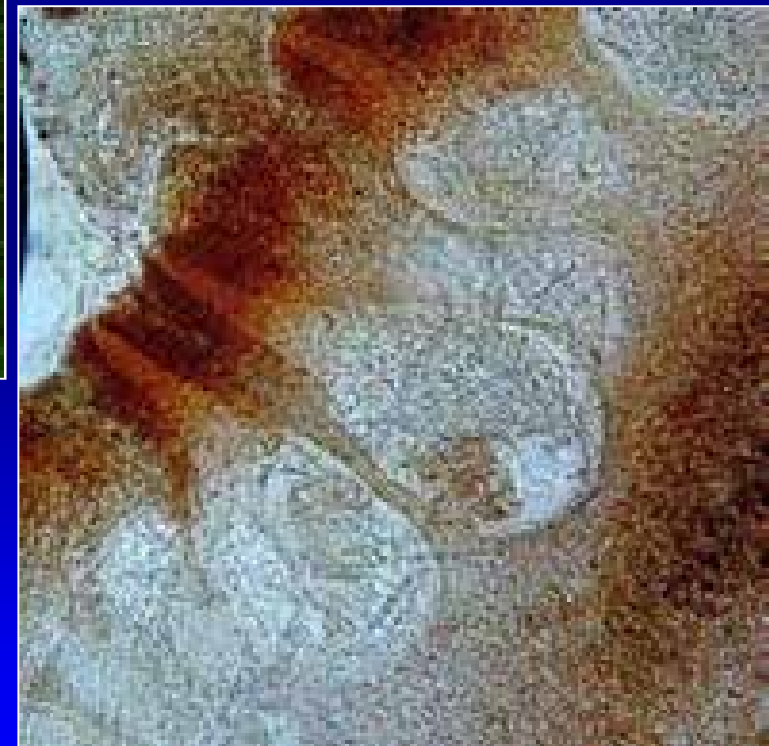
HOUBOVÍ PARAZITÉ JINÝCH HUB – ASCOMYCOTA



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/Hypomyces_lactifluorum_169126.jpg

Hypomyces lactifluorum
(Hypocreales), **Nedohub**,
parazituje na zástupcích řádu
Russulales (*Russula*,
Lactarius), **holubinky, ryzce**

http://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/images/hyoperi.jpg



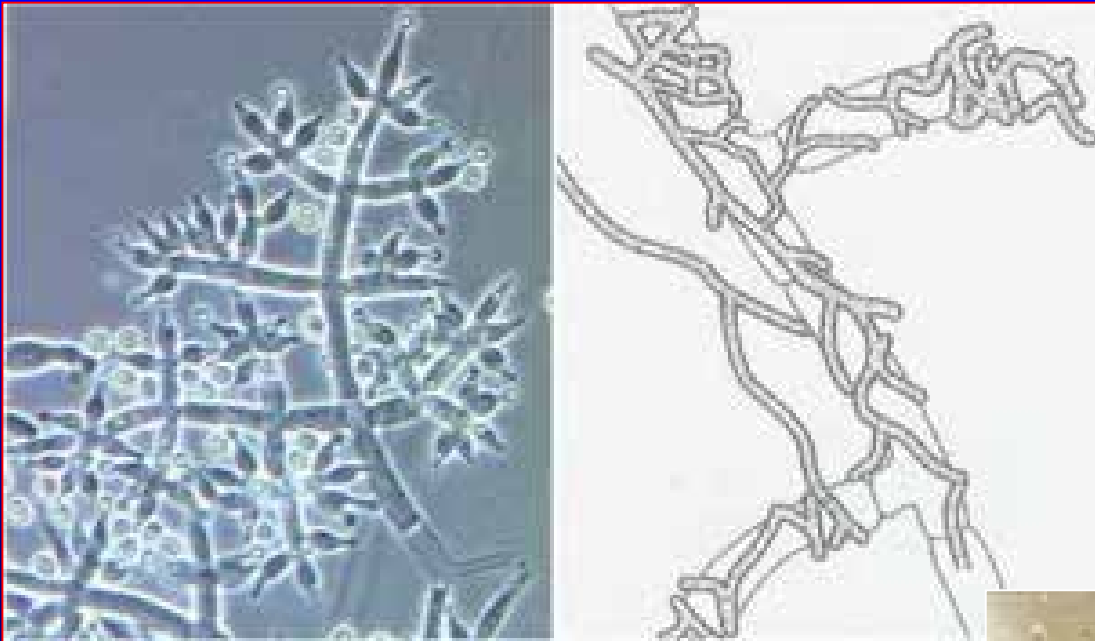
Perithecia



https://c1.staticflickr.com/9/8450/7918071436_7de7e76479_b.jpg

Hypomyces chrysospermus – mikroskopická cizopasná houba z čeledi masenkovitých. Je to parazitická houba vytvářející v imperfektním stádiu nejdříve bílou, později žlutou plst' na hřibovitých houbách a na čechrátkách. Ničí hlavně rourky na hřibovitých houbách a lupeny na čechrátkách. Na této plsti se mnohdy objevují žlutavé kapky

HOUBOVÍ PARAZITÉ JINÝCH HUB - DEUTEROMYCOTA



Trichoderma produkuje antibiotika aktivní vůči houbám a bakteriím – inhibuje růst rodů *Pythium*, *Rhizoctonia*, a také vylučuje chitinázu a glukonázu.

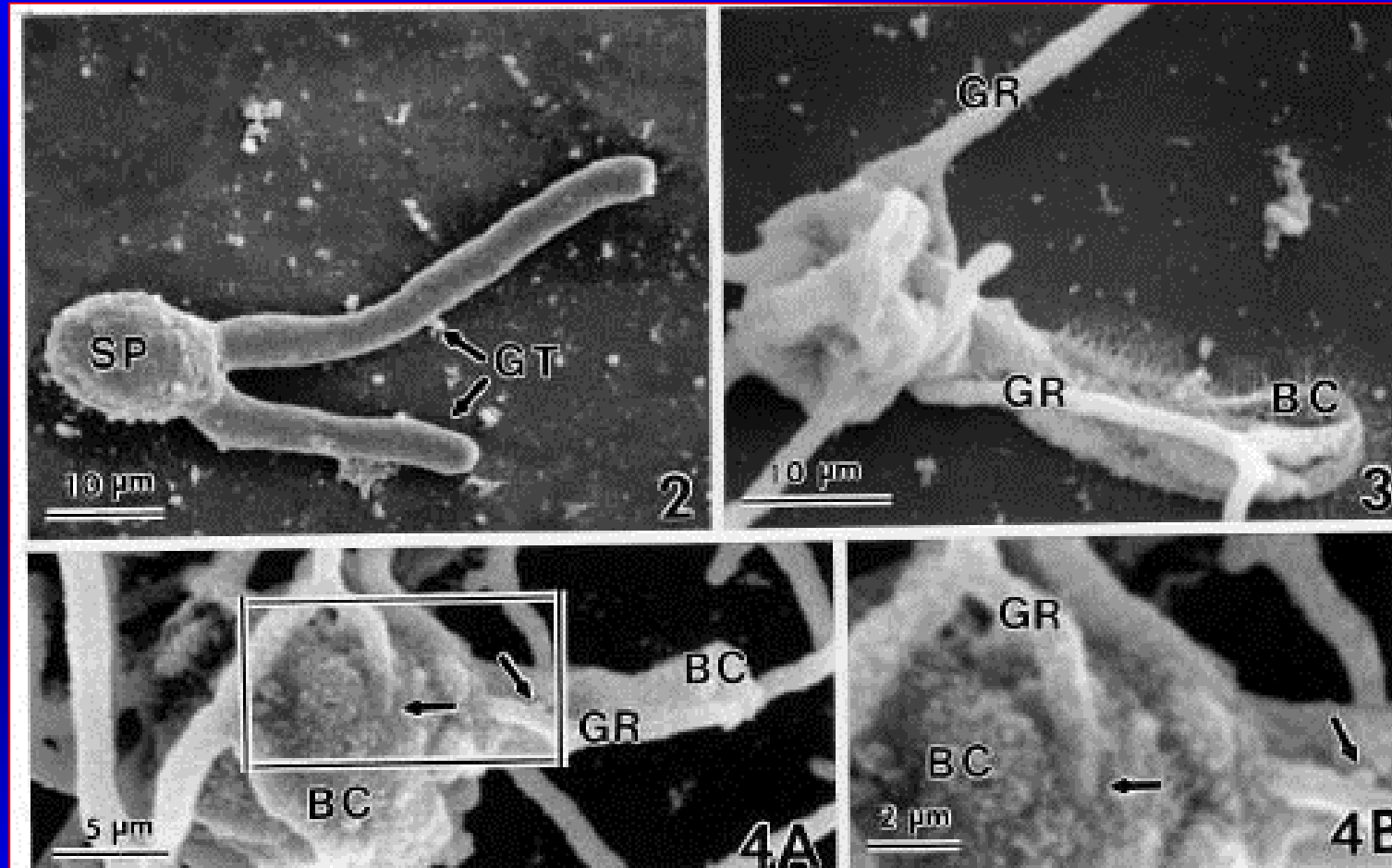
http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/FungalBiology/Fig12_5.jpg

Ovinování hyf rodu *Trichoderma* okolo hyf rostlinného patogena *Rhizoctonia solani*



<https://pertanianselangor.files.wordpress.com/2011/08/trichoderma-spl.jpg>

HOBOVÍ PARAZITÉ JINÝCH HUB - DEUTEROMYCOTA



**Infekce konidií a klíčného vlákna plísně šedé
Botrytis cinerea (BC) hyfou *Gliocladium roseum*
(GR)**

<http://ejournal.sinica.edu.tw/bbas/content/2002/3/330602.JPG>

HOUBOVÍ PARAZITÉ JINÝCH HUB - DEUTEROMYCOTA



Foto: B. Sedláková

***Ampelomyces quisqualis*, syn. *Cicinobolus cesatii* napadá mnoho druhů padlí (Erysiphales). Tvoří apresoria na sporách a hyfách a nezralých kleistotecích hostitele a penetruje je a následně rozšiřuje z buňky do buňky. Redukuje růst a může zabít celou kolonii padlí. Studuje se jeho případné použití v biologickém boji.**

HOUBOVÍ PARAZITÉ JINÝCH HUB– BASIDIOMYCOTA



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/18/2011-09-27_Asterophora_parasitica_\(Bull._ex_Pers.\)_Singer_171045_crop.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/18/2011-09-27_Asterophora_parasitica_(Bull._ex_Pers.)_Singer_171045_crop.jpg)

Asterophora parasitica
(rovetka cizopasná). Obligátní parazit na lupenitých houbách (Hlavně rozkládající se plodnice holubinek na půdách chudých na humus)



<http://mycorance.free.fr/valchamp/valimage/bolepar1.jpg>

Xerocomus parasiticus (hřib cizopasný). Nacházen pouze jako parazit plodnic *Scleroderma citrinum* (Pestřec obecný), které částečně ničí.

HYFÁLNÍ INTERFERENCE

- Někteří zástupci skupiny Basidiomycota antagonizují při kontaktu jiné houby, např. jiné Basidiomycota
- K hyfální interferenci dochází několik minut po kontaktu hyf. První viditelné známky jsou vakuolizace a ztráta turgoru - to vede ke ztrátě membránové integrity.
- Nezdá se, že by šlo o parazitismus jako takový, protože agresor nevstupuje do poškozené hyfy - spíš ji inaktivuje (jako potenciálního kompetitora o substrát)

Hyfy *Heterobasidion annosum* jsou antagonizovány při kontaktu s hyfou *Phlebiopsis gigantea* (dříve *Peniophora gigantea*) kornatka obrovská



QUORN

- Jedná se o nejnámější mykoproteinový potravinový produkt hlavně v Anglii a Irsku
- Producent je *Fusarium venenatum* a pěstuje se v kvasných kádích
- Je prodáván jako zdravá potrava a alternativa k masu, hlavně pro vegetariány a vegany bez živočišných tuků a cholesterolu.
- Během fáze růstu, se přidává glukóza jako potrava pro houby, a dále různé vitamíny a minerální látky. Výsledný mycoprotein je poté extrahován a tepelně-rafinován za účelem odstranění nadměrného množství RNA. Předchozí pokusy o výrobu těchto proteinů byly zmařeny nadměrným obsahem DNA nebo RNA, bez tepelného zpracování, purin v nukleových kyselinách se metabolizuje na kys. Močovou. Výsledný produkt je vysušen a smíchan s kuřecím bílkem.

Quorn filé - smažené, rozmražené a zmražené.



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/ff/ff1/Quorn-different-forms.jpg>

A. 2. HOUBY POUŽÍVANÉ K PŘÍMÉ KONZUMACI

Lidé střední a východní Evropy jsou považováni na rozdíl od všech ostatních oblastí za zanícené sběrače hub.

PRAVIDLA SBĚRU HUB

- Z přibližně 10,000 druhů makroskopických hub, pouze malé množství je opravdu smrtelně jedovatých.
- Naneštěstí, některé z nich jsou relativně běžné.
- Zástupci pouze 20-30 rodů jsou považovány jsou dobré jedlé houby.
- Neexistuje žádný jednoduchý způsob, jak rozlišit mezi jedlými a jedovatými houbami.
- Jezte pouze dobře určené houby, u kterých jsme si jistí.



http://i3.cn.cz/14/1313321252_houby.jpg

SEZNAM VOLNĚ ROSTOUCÍCH A PĚSTOVANÝCH JEDLÝCH HUB URČENÝCH K PŘÍMÉMU PRODEJI NEBO K DALŠÍMU PRŮMYSLOVÉMU- ZPRACOVÁNÍ PRO POTRAVINÁŘSKÉ ÚČELY

B. Houby pěstované

- Žampion zahradní (*Agaricus hortensis*)
- Žampion hnědý (*Agaricus brunescens*)
- Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*)
- Hlíva miskovitá (*Pleurotus cornucopiae*)
- Hlíva plicní (*Pleurotus pulmonarius*)
- Hlíva mačková (*Pleurotus eryngii*)
- Límcovka obrovská žlutá (*Stropharia rugosoannulata*)
- Límcovka obrovská hnědá (*Stropharia rugosoannulata*)
- Penízovka sametonohá (*Flammulina velutipes*)
- Polnička topolová (*Agrocybe aegerita*)
- Houževnatec jedlý – Shii-ta-ke (*Lentinus edodes*)
- Opěnka měnlivá (*Kuehneromyces mutabilis*)
- Kukmák sklepní (*Volvariella volvacea*)
- Hnojník obecný (*Coprinus comatus*)
- Ucho Jidášovo (*Hirneola auricula judae*)

KULTIVOVANÉ MAKROSKOPICKÉ HOUBY

1. *Agaricus bisporus*, žampion dvouvýtrusý,

Kultivace *A. bisporus* zahrnuje 2 rozličné procesy:

a/ Příprava kompostového substrátu (pšeničná sláma a hnůj)

b/ Inokulace houbou a růst mycelia a následná tvorba plodnic



Foto: I. Jablonský

Měli bychom se vyhnout konzumaci syrových žampionů, které mohou být servírovány v salátech **protože obsahují významné množství karcinogenního 4-(hydroxymethyl)-benzodiazonium**. **Naštěstí, tato nestabilní sloučenina se ničí vařením**. Ne všechny druhy rodu *Agaricus* jsou jedlé.



Propíchnání substrátu



Úplně prorostlá kostka myceliem žampionu



Kostka s podhoubím se přikryje zeminou



Rosení substrátu



Sběr plodnic

**2. *Pleurotus ostreatus*, hlíva ústříčná
(*Tricholomataceae, Agaricales,
Holobasidiomycetes*), a další druhy rodu
Pleurotus.**

**Pěstuje se na pasterizované slámě,
dřevěných odřezcích, pilinách,
zemědělském odpadu, zbytcích papíru
nebo na kmenech stromů.**



Foto: I. Jablonský

HLÍVY

U nás je povolené pěstování těchto druhů hlív

Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*)

Hlíva miskovitá (*Pleurotus cornucopiae*)

Hlíva plicní (*Pleurotus pulmonarius*)

Hlíva mačková (*Pleurotus eryngii*)



<http://jedlehouby.cz/userfiles/eshop/eringii.jpg>

Hlíva mačková (*Pleurotus eryngii*)



<http://www.terezia.eu/uploads/image31.jpg>

**Hlíva ústříčná
(*Pleurotus
ostreatus*)**

<http://botany.cz/foto/hlivaplicherb2.jpg>



**Hlíva plicní
(*Pleurotus
pulmonarius*)**



<http://static3.osivo-semena.cz/408-2253-thickbox/pestitel-sadba-hlivy-miskovite.jpg>

**Hlíva miskovitá (*Pleurotus
cornucopiae*)**



http://jedlehouby.cz/userfiles/eshop/hliva_kolicky_2.jpg

Pěstování hlívy na špalcích



Foto: I. Jablonský

3. *Lentinula edodes*, **houževnatec jedlý** (*Tricholomataceae*, *Agaricales*, *Holobasidiomycetes*), **shii-take**



Foto: I. Jablonský

Houba se pěstuje na čerstvě poražených kmenech stromů – čistá kultura na kouscích dřeva je vložena do děr v kmenech, nebo substrátových blocích, vlastní směs – sláma, piliny, kukuřičná vřetena.

4. *Auricularia polytricha* a další, **bolcovitkotvaré** (*Auriculariales*, *Phragmobasidiomycetes*).

Plodí na blocích z lisovaných pilin, nebo pěstování na kmenech



**Boltcovitka ucho
Jidášovo**

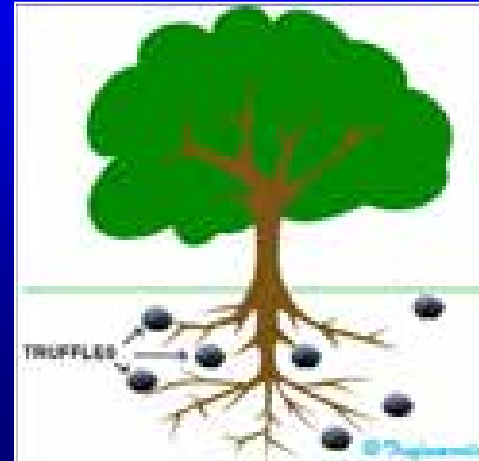
Foto: I. Jablonský

**Tyto boltcovitky jsou přidávány do mnoha čínských jídel;
mají však tuhou konzistenci**

5. *Tuber melanosporum*, **lanýž černovýtrusý** (*Tuberaceae*, *Pezizales*, *Ascomycetes*), a další lanýže *T. magnatum* (**Lanýž bílý**), *T. aestivum* (**Lanýž letní**).

Semenáčky dubu jsou inokulovány druhem *Tuber melanosporum*. Ve Francii se inokulují kořeny dubů a lísek (mykorhizní partner *Tuber melanosporum*) suspenzí askospor lanýžů, a získávají lanýže o 3 roky později.

Lanýž černovýtrusý - perigorský (*Tuber melanosporum*) Tento nejcennější lanýž se sbírá a pěstuje především ve Francii v oblasti „Perigord“



<http://www.trufamania.com/trufas/mycorrhizas-truffles.png>



http://www.asociacionvallisoletanademicologia.com/images/tubermelanosporum1_480.jpg

DOPOSUD NEKULTIVOVATELNÉ

Jedny z nejlepších jedlých
hub doposud nebyly
komerčně kultivovány.



Boletus edulis
Hřib smrkový
(*Boletaceae, Agaricales*)



*Hřib hnědý (Boletus badius), syn.
Xerocomus badius,*



Xerocomus chrysenteron
Suchohřib žlutomasý



<http://www.naturfoto.cz/fotografie/maly/klouzek-slicny-xxx226.jpg>

Klouzek sličný
Suillus grevillei



<http://www.naturfoto.cz/fotografie/ostatni/kozak-brezovy-32280.jpg>

**Kozák
březový**
*Leccinum
scabrum*



http://boletales.com/wp-content/uploads/2010/10/L_aurantiacum_1.jpg

**Křemenáč
osikový**
*Leccinum
rufum*

Cantharellus cibarius
Liška obecná
(*Cantharellaceae*,
Aphyllorphorales)

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/da/Sparassis_crispa.JPG/800px-Sparassis_crispa.JPG



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/aa/2007-07-14_Cantharellus_cibarius.jpg/800px-2007-07-14_Cantharellus_cibarius.jpg

Kotrč kadeřavý
Sparassis crispa



Lactarius deliciosus
Ryzec pravý (*Russulaceae*,
Agaricales)

[http://www.mykoweb.com/photos/large/Lactarius_deliciosus\(mgw-06\).jpg](http://www.mykoweb.com/photos/large/Lactarius_deliciosus(mgw-06).jpg)

Čirůvka fialová
Lepista nuda

Tricholomataceae,
Agaricales

Nemají se jíst syrové
kvůli vysokému obsahu
haemolyzinu (způsobuje
hemolýzu hemoglobinu)



<http://static.panoramio.com/photos/large/66921271.jpg>



Foto: B. Mieslerová

Amanita rubescens
Muchomůrka růžovka

Amanita caesarea a další jedlé
muchomůrky (Amanitaceae,
Agaricales).
Tento druh byl oblíbenou houbou
Římanů



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Amanita_caesarea.JPG

JEDLÉ MIKROSKOPICKÉ HOUBY

- **Druhy rodu *Saccharomyces* (kvasnice) jsou používány jako doplněk stravy po mnoho let, většinou pro svůj vysoký obsah vitamínů B.**
- **Ale kvasnice také mají okolo 40-50% bílkovin v sušině, dovedou růst na zbytcích rostlin používaných v potravinářství a mají krátký generační čas.**
- **Zdají se být významným zdrojem SCP (single-cell protein), které dosud nejsou plně využívány pro krmení zvířat.**



Pekařské kvasnice (droždí)

Foto: B. Mieslerová

SINGLE CELL PROTEINY – PROTEINY JEDNOBUNĚČNÝCH ORGANISMŮ

- Jsou získávány kultivací mikroorganismů na odpadních produktech průmyslu. Odpady určené ke kultivaci mikroorganismů – dřevo, sláma, zbytky výroby potravinářského průmyslu – výroba alkoholu, uhlovodíků, ale i lidské a zvířecí výkaly.
- Problém při získávání proteinů z odpadů je ředění a náklady.
- Byly vyvinuty způsoby, jak zvýšit koncentraci, včetně odstředování, flotace, srážení, koagulace a filtrace, nebo použití polo-propustné membrány.
- Příklady hub používaných k produkci SCP: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis* = *Torulopsis* a *Geotrichum candidum* (= *Oidium lactis*), jiné houby (*Aspergillus oryzae*, *Sclerotium rolfsii*, *Polyporus* a *Trichoderma*), Bakterie (*Rhodospseudomonas capsulata*) a řasy (*Chlorella* a *Spirulina*).
- Výhody SCP - 1. SCP jsou bohaté na kvalitní bílkoviny a poměrně chudé na tuky, což je spíše žádoucí.
 2. Mohou být produkovány během všech částí roku (nejsou závislá klimatu (s výjimkou produkce řas).
 3. Mikrobi velmi rychle rostou a produkují velké množství SCP na relativně velmi malé ploše.

Ustilago maydis (Ustilaginales, Basidiomycotina), **prašná sněť kukuřičná - Cuitlacoche**



- Ačkoliv mnoho farmářů považuje sněť za pohromu a ničí napadené palice, má tento druh houby dlouhou historii jako jedlá houba, už od dob Aztéků.
- Moderní nadšenci trvají na tom, že cuitlacoche, navzdory svému nevábnému vzhledu mají kouřově sladkou chuť (něco mezi kukuřicí a houbami) a mohou být použity všude tam, kde se přidávají houby pro zvýraznění chuti.

Foto: J. Hrdlička

A.3. HOUBY VYUŽÍVANÉ V LÉKAŘSTVÍ

Váňa, P.: Léčivé houby podle bylináře Pavla. Eminent, 2003.

Některé houby mohou být využívány při léčení některých běžných chorob, i jako alopatické či homeopatické přípravky.

*Oudemansiella
mucida*

slizečka
porcelánová
produkuje
antibiotikum
MUCIDIN
(mucidermin)

Má také cytostatický
účinek



http://www.naturfoto.cz/fotografie/maly/slizecka-porcelanova-72x_1059.jpg

Houževnatec jedlý *Lentinula edodes* – shii-také (Japonsko)

Snižuje hladinu cholesterolu v krvi

Zlepšuje imunitu

Obsahuje protirakovinné látky



Houževnatec jedlý – zaznamenal vítězné tažení zejména proti leukémii krve v Japonsku po tragických událostech ve městech Hirošima a Nagasaki, kdy po svržení atomových bomb byli lidé radioaktivně ozáření.

***Pleurotus ostreatus* – Hlíva ústříčná**

Snižuje hladinu cholesterolu a krevního cukru, dodává minerály (K), vitamíny, aktivizace imunitního systému, proti arterioskleróze, na dlouhověkost

Foto: I. Jablonský

Lepista nuda čirůvka
fialová i čirůvka májová

**Snižuje hladinu
krevního cukru**



[p://static.panoramio.com/photos/large/66921271.jpg](http://static.panoramio.com/photos/large/66921271.jpg)



**Hnojník obecný – *Coprinus
commatus***

Snižuje hladinu krevního cukru

Snižuje hypertenzi

Foto: B. Mieslerová

Rezavec šikmý *Inonotus obliquus* (čága) (Rusko)

**Protirakovinné látky
(stabilizuje a potlačuje další
růst nádoru), potlačuje
negativní účinky
chemoterapie**

Působí také proti tuberkulóze



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/Eikhaas.JPG>



© Can Stock Photo - csp9372938

http://comps.canstockphoto.com/can-stock-photo_csp9372938.jpg

Trstnatec lupenitý *Grifola frondosa*

Protirakovinné látky

**Také snižuje cholesterol a
cukr v krvi a působí proti
hypertenzi**

Penízovka sametonohá
Flamullina velutipes
**Protirakovinné látky –
flamulin**

**Posílení imunitního
systému, proti
nospavosti**



http://gallery.cvetq.info/albums/Flammulina%20velutipes/Flammulina_velutipes.jpg



Vatovec obrovský
Langermania gigantea

**Kalvacin - Protirakovinné látky,
mokvající vředy a rány,
chudokrevnost, záněty,
antiafrodisiakum**

<http://www.hiddenforest.co.nz/fungi/family/agaricaceae/images/lycop05.jpg>



***Jidášovo ucho - Hirneola
auricula-judae***

**Proti hemeroidům, bolestem
žaludku, zlepšuje pleť a vlasy,
posiluje psychiku**

Foto: I. Jablonský



<http://botany.cz/foto/hericiumerinherb1.jpg>

Korálovec ježatý Hericium erinaceus
**Posiluje imunitní systém,
protinádorová aktivita**



Troudnatec kopytovitý – Fomes fomentarius - k zapálení ohně

Nyní k zastavení krváčení, proti zarděnkám, neštovicím, bolestivé menstruaci, rakovinným nádorům

Outkovka pestrá - Trametes versicolor - potlačení negativních následků chemoterapie, posílení tělesné konstituce, proti kožním infekcím, zánětům trávicího a močového ústrojí. Účinnost i proti viru HIV.



Foto: B. Mieslerová



http://image.ec21.com/image/qdjiuqiu/oimg_GC04599730_CA04599834/Cordyceps_Sinensis.jpg

Cordyceps sinensis housenice
čínská – Asie, podobně h. červená
(*C. militaris*)

**Přirozené tonikum organismu,
antibiotické látky, izolovaný
cordycepsin s cytostatickým účinkem.**

**Housenice čínská je nejvýznamnější léčivá
houba celosvětově (3000 USD/kg)**

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/ff/d/Armillaria_ostoyae_G1.jpg



**Václavka smrková
*Armillaria ostoyae***

Má určité antibakteriální látky

**Působí proti chorobám plic
a jater, zlepšuje prokrvení
mozku.**

Žampiony – žampion dvouvýtrusý (Agaricus bisporus)

Snižují hladinu cukru v krvi, proti kopřivce, ekzémům, zvyšují imunitu při uštknutí zmijí, protirakovinné účinky (rakovina kůže).

Obsah agaritinu (4-(hydroxymethyl)-benzendiazonium) - karcinogenní látka, která se teplem ničí.



Foto: I. Jablonský

A. 4. KOMERČNÍ VYUŽITÍ HOUBOVÝCH METABOLITŮ

ANTIBIOTIKA

Nízkomolekulární látky, původem z živých organismů, které i v nízkých koncentracích inhibují růst jiných mikroorganismů.

JAK ANTIBIOTIKA FUNGUJÍ?

Peniciliny a cephalosporiny zabraňují syntéze buněčné stěny u gram-pozitivních bakterií, takže ačkoliv nezabíjejí přímo bakterie, umožňují jejich eliminaci.

Nystatin a Amphotericin B poškozují sterolové složky buněčných membrán a tím vlastně zabíjí mikroorganismy (houby).

Griseofulvin také působí na buněčné membrány hub, ale je daleko více fungistatický než fungicidní.

Některé bakterie dokonce získávají odolnost na antibiotika.

PENICILLIN

- V roce 1927 Sir A. Fleming nechal růst na miskách čistou kolonii *Staphylococcus aureus*, když mu zkontaminovala. Na misce se objevila jasná široká zóna okolo houbové kolonie, což Flemingovi ukázalo, že nějaká látka pronikala do okolí a dovedla zabít nebo inhibovat růst bakterií.
- Fleming izoloval tuto plíseň a určil ji jako *Penicillium, P. notatum* (nyní zařazeno do *P. chrysogenum*) a zjistil, že působí proti gram-pozitivním bakteriím.



<http://i.yimg.com/vi/rnrnLf9DjpA/maxresdefault.jpg>

Kolonie *Penicillium chrysogenum*



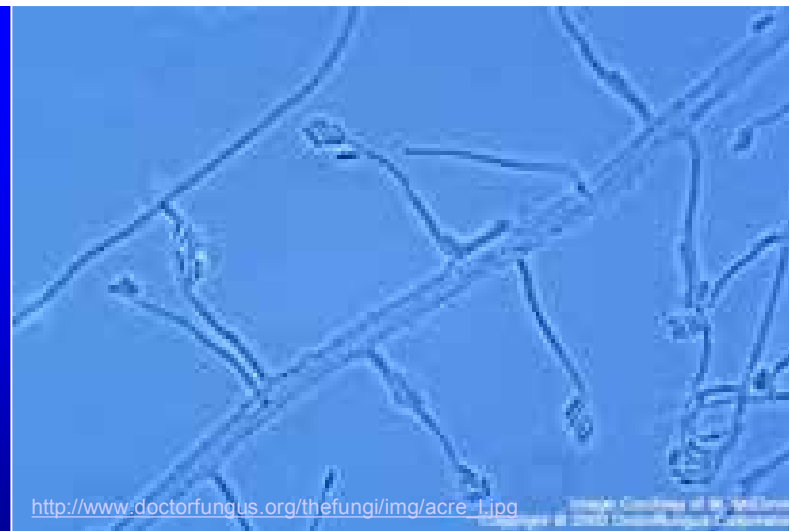
http://scienceforlife.altervista.org/blog/wp-content/uploads/2013/01/2902232380_88e96dee32.jpg

Přírodní peniciliny jako např. penicillin G a penicillin V byly brzy nahrazeny semisyntetickými peniciliny

- methicillin, ampicillin, carbenicillin, amoxicillin, etc.

CEPHALOSPORINY

- **Nový druh antibiotik byl izolován z plísně rodu *Cephalosporium* (nyní zařazováno do rodu *Acremonium*).**
- **Cephalosporiny působí i proti některým Gram-negativním bakteriím.**



*Cephalosporium
acremonium*

GRISEOFULVIN

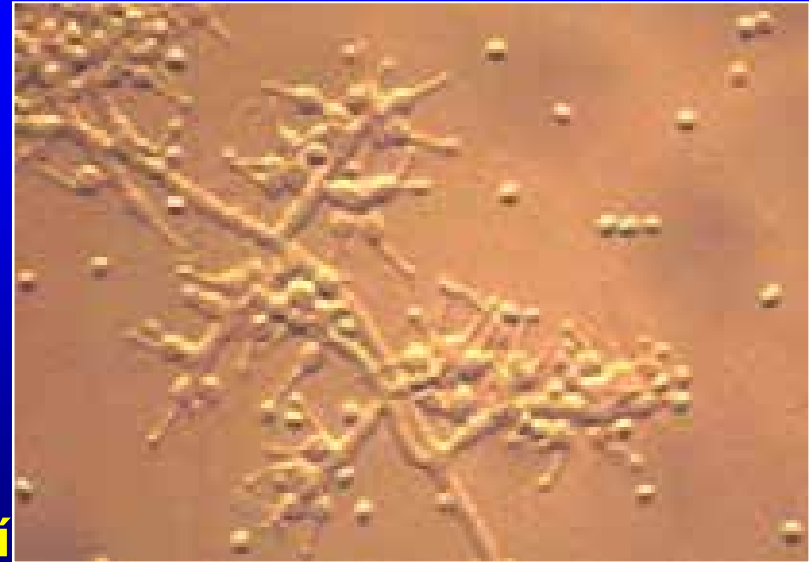
- **Významné antifungální antibiotikum, izolované z plísně *Penicillium griseofulvum*.**
- **Využívá se od 50.- tých let jako systemický fungicid proti houbovým patogenům rostlin a zjistilo se, že při orálním použití dovede omezovat vzdorující dermatofytické mykózy kůže - tinea.**



Penicillium griseofulvum – a
Kolonie na agarové misce.

IMMUNOSUPRESIVA - CYKLOSPORIN

- *Tolypocladium inflatum* (nyní nazývané *Tolypocladium niveum*), produkuje látku (cyklopeptid) se zajímavou antifungální aktivitou.
- Cyklosporin dovede selektivně inhibovat dělení lymfocytů (hlavně T-).
- Cyklosporiny jsou nepochybně nejlepší imunosupresiva doposud objevené, které v moderní transplantační medicíně značně snižují riziko odmítnutí orgánu.
- Naštěstí, cyklosporin působí efektivně i proti revmatické artritidě, jelikož chronický zánět v této situaci je vlastně poruchou imunity.



http://www.angelfire.com/wizard/kimbrough/Textbook/04_04copy.jpg

Tolypocladium (inflatum) niveum, houba produkující Cyklosporin, je anamorfoou druhu *Cordyceps subsessilis*

DALŠÍ DROGY V LÉKAŘSTVÍ – ERGOTOVÉ ALKALOIDY

**Methyl ergometrin –
izolovaný z druhu
Claviceps purpurea –
může být použit jako
vazokonstrikční látka při
omezení krvácení po
porodu.**



Foto: J. Rod

DALŠÍ UŽITEČNÉ HOUBOVÉ METABOLITY

KYSELINA CITRONOVÁ, která je používána v potravinách a nápojích, ale i v kosmetice a při výrobě kůže, je komerčně produkována pomocí druhu *Aspergillus niger*.

GLUKONOVÁ KYSELINA, používaná v potravinách a čistících prostředcích, je také produkována druhem *Aspergillus niger*.

ITAKONOVÁ KYSELINA, používaná při výrobě polymerů, je produkována druhem *Aspergillus terreus*



http://4.bp.blogspot.com/-3oy_t0efOp4/UZXUivYdul/AAAAAAAAAGM/7XJayDEfzaU/s1600/Aspergillus+Niger.jpg

Aspergillus niger

DALŠÍ UŽITEČNÉ HOUBOVÉ METABOLITY

FUMAROVÁ KYSELINA, používaná jako zvlhčovač je produkována druhem *Rhizopus nigricans*.

RIBOFLAVIN (vit. B2), produkován druhem *Eremothecium ashbyi*, slouží jako vitamínový doplněk.

GIBERELOVÁ KYSELINA, je rostlinný hormon, komerčně produkován druhem *Fusarium moniliforme*, používá se v zemědělství při dozrávání plodů, a zlepšování velikosti a kvality úrody.



http://faculty.baruch.cuny.edu/jwahlert/bio1003/images/fungi/rhizopus_sporangium.jpg



http://mkk.szie.hu/dep/nvt/tana/novenykorlat/a_kukpkonidiumok.jpg

ENZYMY

Houby produkují velké množství různých enzymů do svého okolí, což jim umožňuje trávit potravu nebo rozpouštět některé látky ve svém okolí. Nejčastěji průmyslově využívané houbové enzymy jsou amylázy, invertázy, proteázy, pektinázy, lipázy a celulózy.

AMYLÁZA se podílí na hydrolýze škrobu na dextriny a cukr a je používána při přípravě adheziv a čištění rostlinných džusů.

INVERTÁZA katalyzuje hydrolýzu glukózy a fruktózy, a je používána při výrobě cukrovinek a přípravě sirupů, které nekrytalizují.

PEROXIDÁZA dokáže odbarvovat barvy látek, z hub je produkována např. houbou r. *Coprinus*.

PROTEÁZY dovedou rozkládat proteiny. Proteolytické enzymy jsou používány při měkčení kůže, čištění piva, při ztekucování lepidla a produkci detergentů.

ENZYMY II.

PEKTINÁZY jsou používány při čištění rostlinných džusů a urychlení macerace lněných stonků při výrobě lněných vláken.

LIPÁZY hydrolyzují lipidy na glycerol a mastné kyseliny. Lipázy z rodu *Rhizopus* jsou používány pro zlepšení chuti některých potravin.

CELULÁZY hydrolyzují celulózu na celobiózu, a jsou používány při výrobě potravin.

ENZYMY III.

- **ALFA-GALAKTOZIDÁZA** je produkována např. houbou *Aspergillus niger*, a je aktivní složkou přípravku „Beano“, který je prevencí při nadýmání při požívání fazolí nebo brukvovité zeleniny.
- Mnoho lidí nedovede metabolizovat galaktózu z potravin a ta je v trávicím traktu fermentována bakteriemi. Přípravek „Beano“ rozkládá galaktózu a tak je prevencí při akumulaci plynů v trávicím traktu.



A. 5. POUŽITÍ HUB V BIOLOGICKÉM BOJI

OMEZENÍ HMYZÍCH ŠKŮDCŮ ZA POMOCÍ ENTOMOPATOGENNÍCH HUB



<http://www.lagrotecnico.it/immagini/Beauveriabassiana.jpg>

Beauveria bassiana
(Hyphomycetes)
infikující hmyz



http://www.sipweb.org/micro_control/images/gallery/GVB_ss.jpg

***Metarhizium anisopliae* var.
*acridum*** je také používáno při
biologickém boji se sarančaty a
kobyčkami v Austrálii

VERTICILLIUM LECANII (HYPHOMYCETES)

- **Způsobuje přirozené epidemie u dvou druhů hmyzu sajícího na rostlinách: mšicích (*Aphidoidea, Homoptera*), které způsobují znetvořeniny a přenášejí viry a na červcích (*Coccoidea, Homoptera*) v tropických oblastech a ve sklenicích**
- **Většina úspěšných komerčních biologických prostředků proti hmyzu je využívá ke kontrole molic, mšic a červců (hlavně na chrysentémách)**
- **Tato houba také může být použita proti rzím (parasitující na houbových sporách v experimentálních podmínkách) – mohou tedy poskytovat dvojí kontrolu (mají podobný znak, kterým je přítomnost chitinu).**

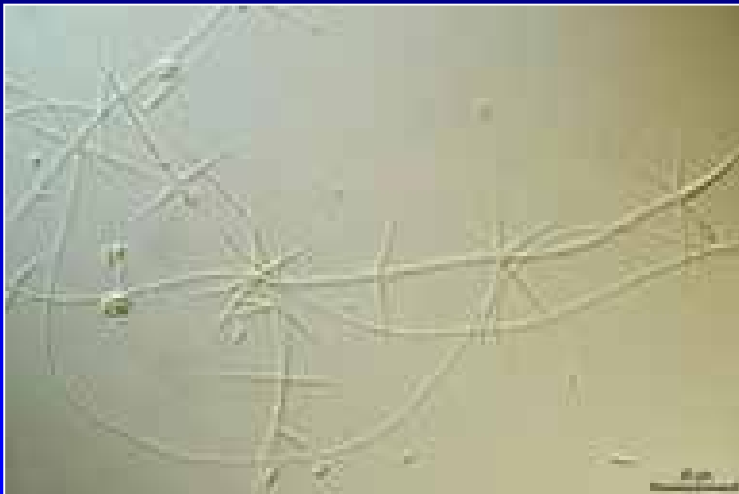


Foto: A. Kubátová



http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/B5_8.jpg

ENTOMOPHTHORALES (ZYGOMYCOTINA)

- Zahrnuje druhy rodů *Entomophthora*, *Erynia*, které napadají mšice, mouchy, housenky a kobylky.
- Napadají dospělý hmyz, do kterého pronikají mezerami mezi plátky exoskeletu.
- Většina druhů řádu Entomophthorales jsou vysoce agresivní a zničí tkáň svého hostitele během několika dní.
- Některé z těchto druhů jsou specializované:
 - *Entomophthora grylli* – parazit mnoha kobylek, sarančí, cvrčků
 - *Entomophthora musci* – široce rozšířený a běžný na mnoha druzích hmyzu.



<http://www.biolib.cz/IMG/GAL/3928.jpg>

http://www.mycolog.com/3b_Entomophthora_sporang.jpg



Sporangia *Entomophthora musci*

BIOLOGICKÝ BOJ PROTI PLEVELŮM ZA POMOCI PATOGENNÍCH HUB

Puccinia chondrillina
(Uredinales)

**PLEVEL: *Chondrilla juncea*
(RADYK PRUTNATÝ)**

**Chráněná rostlina: pšenice,
Austrálie**



<http://mtwow.org/0022096.jpg>

http://delawarewildflowers.org/images/chondrilla_juncea.jpg

BIOLOGICKÝ BOJ PROTI PLEVELŮM ZA POMOCI PATOGENNÍCH HUB

Phragmidium violaceum
(Uredinales)

Plevel: *Rubus* sp.
(ostružina)

**Chráněná oblast: pastviny,
Chile**



Foto: M. Sedlářová

© 2007 Michaela Sedlářová

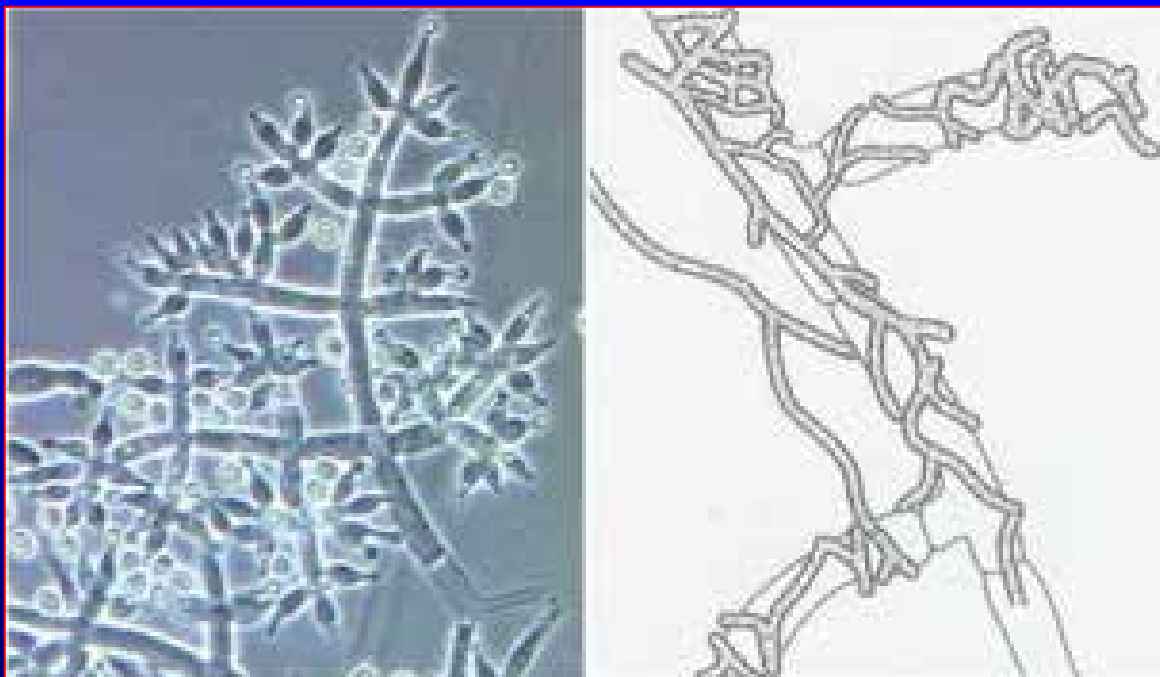
HOUBOVÍ PARAZITÉ JINÝCH HUB - DEUTEROMYCOTINA

Ampelomyces quisqualis,, syn. *Cicinobolus cesatii* napadá mnoho druhů padlí (Erysipahles). Tvoří apresoria na sporách a hyfách a nezralých kleistoteciích hostitele a penetruje je a následně rozšiřuje z buňky do buňky . Redukuje růst a může zabít celou kolonii padlí. Studuje se jeho případné použití v biologickém boji.



© 2007 Michaela Sedlářová

Foto: M. Sedlářová



http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/FungalBiology/fig12_5.jpg

Trichoderma harzianum, **dovede potlačovat i výskyt *Sclerotium rolfsii***, která působí choroby rajčete a podzemnice olejné.

Trichoderma ve spreji v určité koncentraci působí podobně jako **systemický fungicid Benomyl**, a je používána pro ochranu proti druhu *Verticillium fungicola* (Hyphomycetes), **což je vážný patogen pěstovaných žampionů**, *Agaricus bisporus* (Agaricales).

MECHANISMY ÚČINKU r. TRICHODERMA V BIOLOGICKÉ OCHRANĚ

- MYKOPARAZITISMUS
- ANTIBIÓZA
- KOMPETICE o živiny nebo prostor
- Zvýšení TOLERANCE KE STRESU díky zvýšenému rozvoji kořenů a celé rostliny solubilizace anorganických živin
- INDUKOVANÁ REZISTENCE
- INAKTIVACE ENZYMŮ patogenů

<http://www.biocontrol.entomology.cornell.edu/images/pathogens/trichoderma4b.jpg>



Podpora rozvoje kořenů u rostlin kukuřice a sóji jako důsledek kolonizace rhizosféry kmenem *T. harzianum* T22.



<http://bugwoodcloud.org/images/768x512/1436031.jpg>

Prašné sněti

- **Původce:** *Ustilago tritici* = p.s. pšeničná, další *Ustilago nuda* (p.s. ječná), *Ustilago avenae* (p.s. ovesná), *Ustilago maydis* (p.s. kukuřičná)



http://www.pflanzenkrankheiten.ch/images/Getreide_Mais/Tilletia_caries/galerie/becssg_images/q_tilletia_caries_523_348_100.jpg

Mazlavá sněť pšeničná

- **Původce:** *Tilletia caries*



Foto: J. Rod

Námel

- **Původce:** *Claviceps purpurea* =
paličkovice nachová



http://www.ent.iastate.edu/images/plantpath/corn/fusarium/fusarium_ear_rot.jpg

Fuzariózy

Původce: *Gibberella fujikuroji*,
anamorfa *Fusarium moniliforme*;

I. CHOROBY POLNÍCH PLODIN

Choroby okopanin – brambory



<http://agronomija.rs/wp-content/uploads/2014/01/Pra%C5%A1na-krstavost.jpg>

**Prašná (spongosporová)
strupovitost brambor**

Původce: *Spongospora
subterranea*



<http://www.ag.gov.bc.ca/cropprot/images/warts.jpg>

Rakovina brambor

Původce: *Synchytrium
endobioticum* = Rakovinovec
bramborový



http://cdn.c.photoshelter.com/img-get/10000Jy.0_eFQIEA/s/600/600/530474.jpg

Suchá hniloba hlíz

Původce: *Phoma foveata*



<http://www.potatodiseases.org/images/seedpiecehealth/seedhealth-2.jpg>

Suchá hniloba hlíz

Původce: *Fusarium solani*

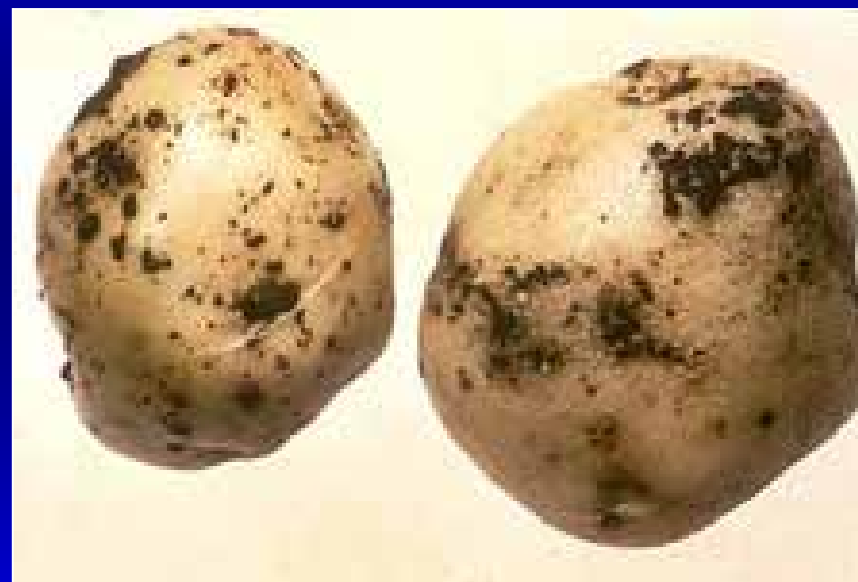


<http://uafornerstone.net/wp-content/uploads/2011/09/blight1.jpg>

Plíseň bramborová

Původce: *Phytophthora infestans*

http://www.apsnet.org/edcenter/instcomm/TeachingNotes/PublishingImages/ED_fig01.jpg



Kořenomorka bramborová

Původce: *Thanatephorus cucumeris*, anamorfa

Rhizoctonia solani

II. CHOROBY OVOCE

Choroby ovocných dřevin - Jádroviny



<http://botany.cz/foto/kloubherb2.jpg>

Moniliová hniloba

Původce: *Monilinia fructigena*,
anamorfa *Monilia fructigena*



Foto: J. Rod

Padlí jabloňové

Původce: *Podospaera leucotricha*,
anamorfa *Oidium farinosum*

<http://www.plante-doktor.dk/venturia3.jpg>



Foto: B. Mieslerová

Rez hrušňová

Původce:

Gymnosporangium sabinae

Strupovitost jabloně

Původce: *Venturia inaequalis*,
anamorfa *Fusicladium dendriticum*

II. CHOROBY OVOCE

Choroby ovocných dřevin - Peckoviny



Foto: M. Sedlářová

Kadeřavost listů broskvoně

Původce: *Taphrina deformans* =
kadeřavka (palcatka) broskvová



Foto: M. Sedlářová

Puchrovitost švestek

Původce: *Taphrina pruni*



<http://utahpests.usu.edu/plugins/work/blogger/17/images/05-06/peach-pm.JPG>

**Padlí broskvoňové (syn. padlí
růžovitých)**

Původce: *Sphaerotheca
pannosa*



Foto: B. Mieslerová

Červená skvrnitost listů švestky

Původce: *Polystigma rubrum* =
mnohojizvec švestkový

II. CHOROBY OVOCE

Choroby drobného ovoce - rybíz, angrešt



Foto: B. Mieslerová

Rez vejmutovková

Původce: *Cronartium ribicola*



Foto: F. Sedlář

**Americké (hnědé) padlí
angreštové**

Původce: *Sphaerotheca
mors-uvae*

II. CHOROBY OVOCE

Choroby drobného ovoce - maliník, ostružiník, jahodník



Foto: M. Sedlářová

Plíseň šedá

Původce: *Botrytis cinerea*, anamorfa *Botryotinia fuckeliana*



<http://www.tradspcontrol.com/assets/powdery-mildew.jpg>

Padlí jahodníkové

Původce: *Sphaerotheca macularis*, anamorfa *Oidium fragariae*



<http://botany.upol.cz/atlas/system/images/ascomycetes/dothideales/54.jpg>

Bílá skvrnitost listů jahodníku

Původce: *Mycosphaerella fragariae*, anamorfa *Ramularia tulasnei*

Choroby vinné révy



Foto: I. Petrželová

Plíseň révy vinné

Původce: *Plasmopara viticola* =
vřetenatka révová



Foto: J.Rod

Padlí révové

Původce: *Erysiphe necator*

CHOROBY ZELENINY

Brukvovitá zelenina (Brassicaceae)



Foto: M. Sedlářová

Nádorovitost košťálovin

Původce: *Plasmodiophora brassicae*



http://engei99.com/wp-content/uploads/2011/11/IMG_2378.jpg

Plíseň zelná

Původce: *Peronospora brassicae* (syn. *P. parasitica*)

CHOROBY ZELENINY

Listová zelenina

Plíseň salátová

Původce: *Bremia lactucae*



Plíseň špenátová

Původce: *Peronospora farinosa* f.sp. *spinaciae*



Foto: J. Rod

[http://www.agrosava.com/sw41/mediaFile/461/33.%20Plamenja%C4%8Da%20salate%20\(Bremia%20lactucae\).jpg](http://www.agrosava.com/sw41/mediaFile/461/33.%20Plamenja%C4%8Da%20salate%20(Bremia%20lactucae).jpg)

CHOROBY ZELENINY

Kořenová zelenina



http://www.apsnet.org/publications/imageresources/PublishingImages/PDCover2003/may_3.jpg

Sklerotiniová hniloba

Původce: *Sclerotinia sclerotiorum*

= Hlízenka obecná



http://www.science.oregonstate.edu/bpp/Plant_Clinic/images/celery,%20lateblight.jpg

Septoriová skvrnitost
(septorióza) listů celeru

Původce: *Septoria apiicola*

CHOROBY ZELENINY

Lusková zelenina



<http://bugwoodcloud.org/images/384x256/5389782.jpg>

Antraknóza fazolu

Původce: *Colletotrichum lindemuthianum*



<http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/agricultura/aa-enfermedades/peronospora-pisi-03.jpg>

Plíseň hrachová

Původce:
Peronospora pisi



Foto: J. Rod

Padlí hrachu

Původce: *Erysiphe pisi* (*E. polygoni*)

CHOROBY ZELENINY

Cibulová zelenina

Bílá sklerociová hniloba česneku
- **Původce:** *Sclerotium cepivorum*



http://www.omafra.gov.on.ca/IPM/images/onions/onion_white_root_2_zoom.jpg

Plíseň cibulová

Původce: *Peronospora destructor*



<http://web.entomology.cornell.edu/shelton/veg-insects-global/graphics/dmildew/dm3lg.gif>



Foto: M. Sedlářová

Peniciliová hniloba česneku
- **Původce:** *Penicillium* spp.

CHOROBY ZELENINY

Plodová zelenina - Tykvovité

Padlí okurek

Původce: *Golovinomyces orontii* (syn. *Erysiphe cichoracearum*), *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*)

Foto: M. Sedlářová



Foto: M. Sedlářová

Plíseň okurková

Původce: *Pseudoperonospora cubensis*



CHOROBY ZELENINY

Plodová zelenina - rajče



Foto: M. Sedlářová

Plíseň bramborová
Původce: *Phytophthora infestans*

Padlí rajčat
Původce: *Oidium neolycopersici*



Foto: M. Sedlářová

© 2007 Michaela Sedlářová



<http://bugwoodcloud.org/images/768x512/1436102.jpg>

Houbové vadnutí rajčat

Původce: *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

http://www.bitkisagligi.net/Domates/Alternaria_solani.jpg

Hnědá (alternariová) skvrnitost rajčat

Původce: *Alternaria solani* (syn. *A. porri* f.sp. *solani*)



CHOROBY ZELENINY

Plodová zelenina - paprika

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Phytophthora_capsici_blight_on_sweet_pepper.jpg



Fytoftorová hniloba papriky

Původce: *Phytophthora capsici*

Napadá kořeny, stonky, listy, plody

Plíseň šedá

- Původce: *Botryotinia fuckeliana*,
anamorfa *Botrytis cinerea*

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/30/Botryotinia_fuckeliana_on_Capsicum_annuum_grauwe_schimmel_op_paprika.jpg



B. 5. BIODETERIORACE

- **Biodeteriorace je definována jako "nechtěná změna vlastností materiálů zapříčiněná činností živých organismů."**
- **Rozeznáváme čtyři základní typy biodeteriorací:**
 - 1. fyzikální nebo mechanickou, kdy materiál neslouží jako zdroj potravy (např. prorůstání kořeny rostlin);**
 - 2. usazování a znečišťování (např. povlaky plísní);**
 - 3. chemickou asimilaci, kdy rozkládaný materiál slouží jako zdroj uhlíku a energie (většina biodegradačních činností);**
 - 4. chemickou disimilaci – kdy materiál není zdrojem uhlíku a energie (rozklad zubní skloviny).**

Nežádoucí biodeterioraci podléhají prakticky všechny přírodní materiály jako jsou **celulosa, textilní vlákna, dřevo, stavební konstrukce, kovy, zubní sklovina, ale i horniny, plasty, pryže či sklo.**

Rozkladné procesy jsou zahájeny vždy, když je na daném místě přítomen vhodný typ organismu a podmínky pro jeho růst (**pH, osmotický tlak, vlhkost, teplota**). Nejčastěji se těchto procesů účastní **bakterie, houby, hmyz, měkkýši, červi a hlodavci.**

B. 5. BIODETERIORACE

Houby způsobují poškození materiálu jako např.

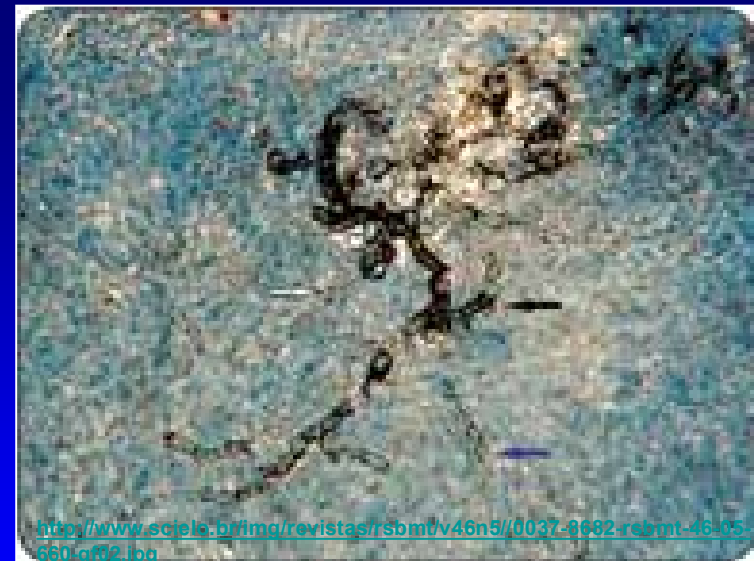


<http://microbe.net/wp-content/uploads/2014/11/fig1.jpg>

- **Optický materiál**
(*Penicillium*, *Aspergillus* –
rostou na povrchu a živí se
na organickém odpadu.



- **Tkanina - *Chaetomium globosum*.**



- **Povrch malířských děl**
(*Aureobasidium pullulans*).

BIODETERIORACE



<http://mycota-crcc.mnhn.fr/image/ImageDevMat/Aspergillus%20niger%20sur%20textile.jpg>

***Aspergillus niger* na tkanině**



<http://www.intechopen.com/source/html/30957/media/image5.jpeg>

***Aspergillus* sp. detekovaný na
izolačním obalu měděného drátu**



<http://www.moldremovalteam.com/images/black%20mold-psd.jpg>

<http://www.selfhealgo.com/wp-content/uploads/2014/07/Stachybotrys-chartarum.jpg>

***Stachybotrys chartarum* -
vyskytuje se na podmáčených
celulózních substrátech –
produkuje silné mykotoxiny,
které jsou karcinogenní**

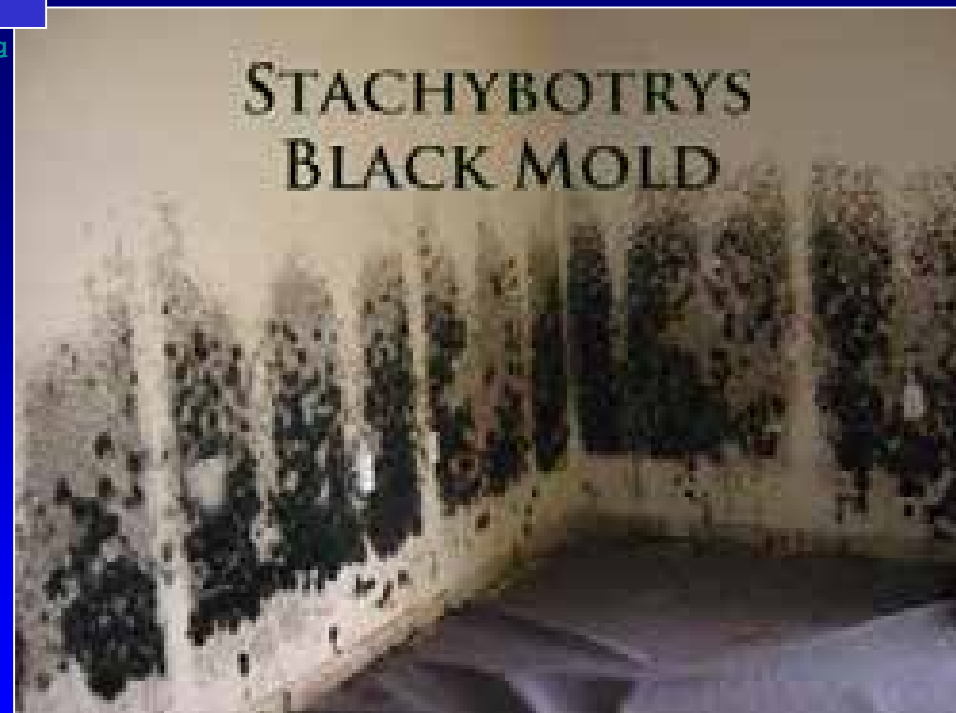




Foto: K. Klánová

***Cladosporium* spp.** je plíseň primárně nacházená na rozkládajících se zbytcích rostlin, dřevin, potravin, slámě, půdě, ale i textiliích, malířských vláknech a povrchu sklolaminátového vedení.



Foto: M. Sedlářová

Surface Fungus in
an attic



Foto: M. Vašutová

<http://www.calcoasttermite.com/fungus.jpg>

**Dřevo napadené
dřevomorkou domácí**



© 2007 Martina Vašutová



<https://www.petercox.com/wp-content/uploads/2014/04/drwr-10.jpg>

***Coniophora puteana* v budovách – většinou vytváří nápadné mycelium ale nikoliv plodnice.**



**Plíseň rodu *Penicillium* na
citronech**

<http://bugwoodcloud.org/images/768x512/1570467.jpg>