

# **System a fylogeneze hub** ***(pro pokročilé)***

**Díl šestý:**

***Entorrhizomycota,***

***Basidiomycota* (charakteristika oddělení):**

***Pucciniomycotina, Ustilaginomycotina,***

***Wallemiomycotina.***

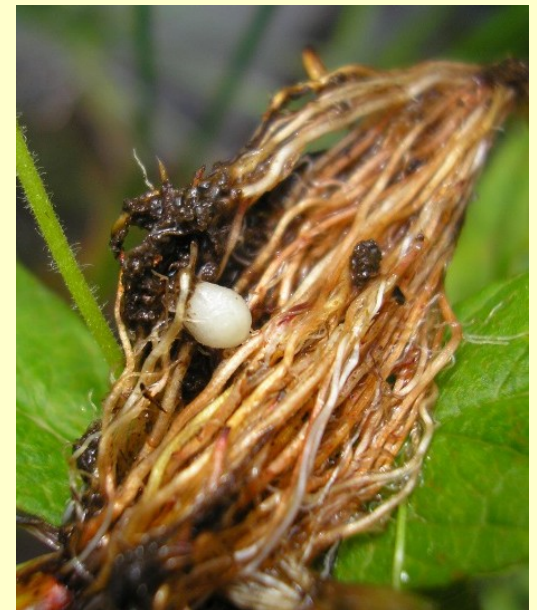
## ENTORRHIZOMYCOTA

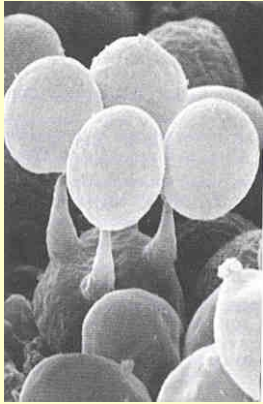
### **ENTORRHIZOMYCETES** [jediný řád *Entorrhizales*]

- parazitické houby v pletivu kořenů rostlin, kde stimulují tvorbu háčkovitých útvarů
- v buňkách pletiva vytvářejí smyčky z přeštrukturovaných hyf, na nichž se terminálně tvoří teliospory => z nich se vyvíjejí podélně přeštrukturované bazidie
- v dřívějším pojetí byly řazeny jako jedna vývojová větev v rámci pododdělení *Ustilaginomycotina* (vedle *Ustilaginomycetes* a *Exobasidomycetes*, viz dále), posléze jako taxon incertae sedis v rámci oddělení *Basidiomycota*, recentně vyčleněny jako separátní linie skupiny *Dikarya*

*Entorrhiza aschersoniana*, zduřenina na kořenech *Juncus bufonius*.

<http://jule.pflanzenbestimmung.de/pflanzen-und-pilze/phytoparasitische-kleinpilze/brandpilze/entorrhiza-aschersoniana/>





## BASIDIOMYCOTA – HOUBY STOPKOVÝTRUSNÉ

karyogamie a meioza probíhá v meiosporangiu - **bazidii**

bazidiospory se tvoří **exogenně** na stopkách – **sterigmatech**

vegetativní stélka: vláknité přehrádkované mycelium (mono- či dikaryotické), spletením více myceliálních vláken vznikají provazcovité **rhizomorfy** nebo zásobní **sklerocia**

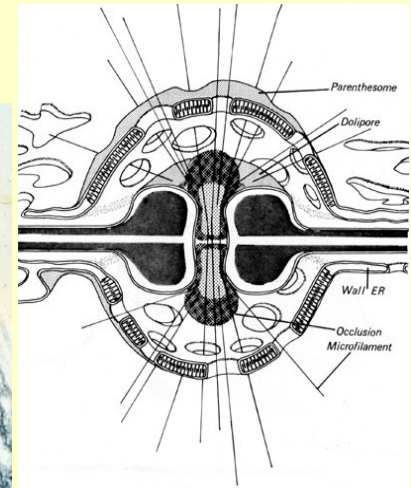
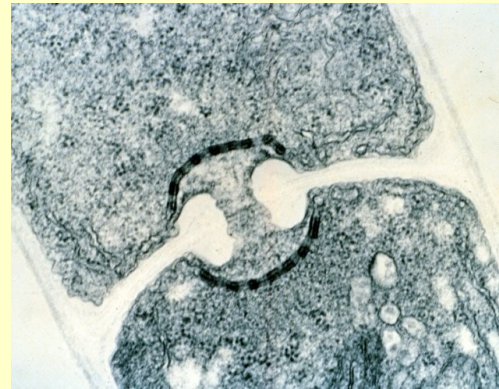
u řady zástupců se setkáváme s dimorfismem – schopností tvořit vláknitou formu i kvasinkovité stadium (v závislosti na podmínkách prostředí)

ve stěně přehrádek vytvořeny **dolipory**

- póry, jejichž obě strany jsou kryty membránovou čepičkou (vytvor. z ER)

- **parentosomem** (u někt. primitivních typů chybí), obvykle perforovanou

hlavní složkou vícevrstevné bun. stěny je chitin (ale i další cukry, též xylóza)



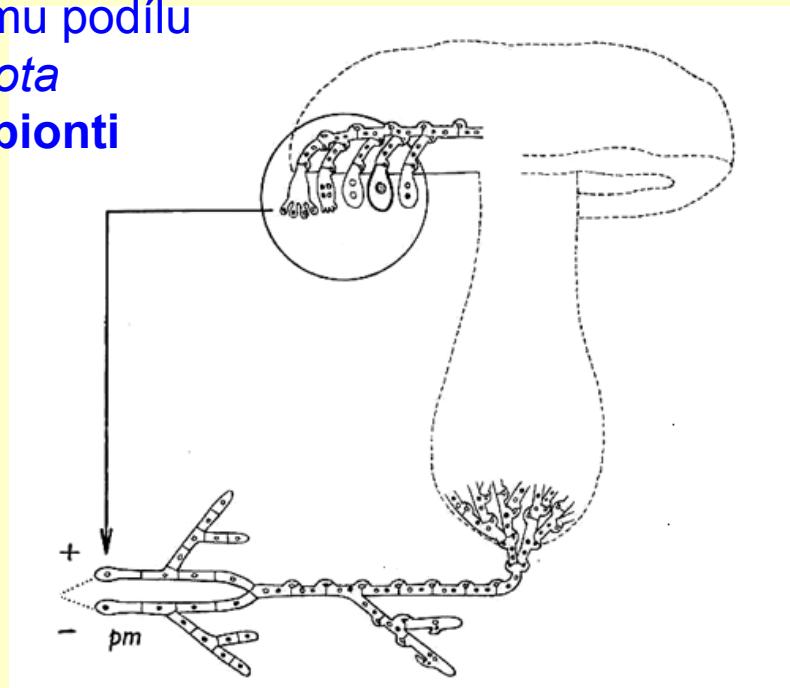
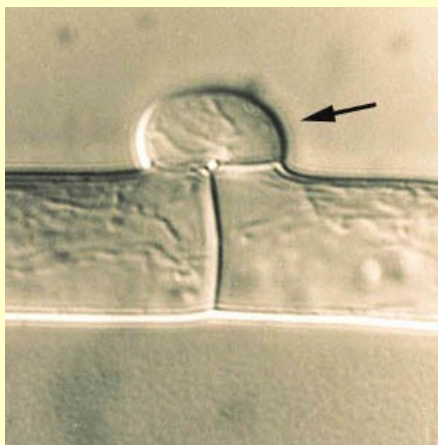
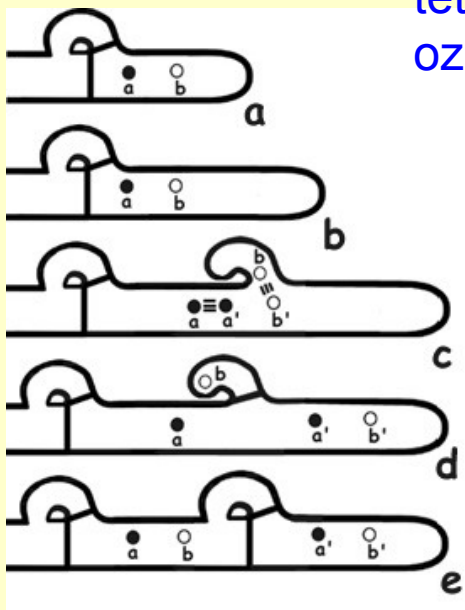
nepohlavní rozmnožování – tvorba konidií (často arthrokon. typu chlamydospor), obvykle na dikaryotických hyfách (vzácněji se mohou uvolňovat spory z bazidií, kde nedošlo ke karyogamii a meioze => sekundární homothalismus)

## Životní cyklus stopkovýtrusné houby (všeobecně):

klíčením bazidiospory vzniká haploidní **primární mycelium** (výjimečně chybí - kopulace bazidiospor u mazlavých snětí) - jednojaderné buňky, někdy dělení jader rychlejší než růst přehrádek, ale takto vzniklá vícejadernost je dočasná

vznik dikaryotického **sekundárního mycelia** - v něm probíhají konjugované mitózy spojené s tvorbou **přezek** (zajišťují rovnoměrné rozdělení + a - jader do dceřinných buněk) – vzhledem k dominantnímu podílu

této fáze jsou *Basidiomycota* označovány jako **dikaryobionti**



sekundární mycelium => tvorba plodnic (není časově a prostorově vázána na somatogamii - zásadní rozdíl oproti vřeckatým houbám)

tvorba pro- a metabasidie, následně vznik bazidiospor (standardně čtyř)

tzv. „terciární mycelium“ – ozn. dikaryotické hyfy v pletivných útvarech (plodnicích)

pro **pohlavní rozmnožování** je typické, že se vůbec nevytváří gametangia  
nejčastějším pohlavním procesem je **somatogamie** dvou mycelií (hyfogamie),  
vzácněji probíhá přímo kopulace bazidiospor; u rzí se setkáme s gametosomato-  
gamií (spermatizací - oplodnění hyfy spermacií)

bazidie podle funkce (jsou-li morfologicky odlišné buňky, např. u rzí nebo snětí):



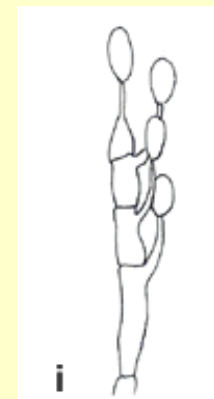
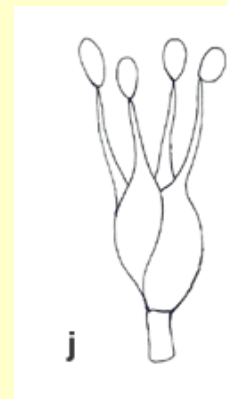
**probazidie** - probíhá zde karyogamie

**metabazidie** - probíhá zde meioza

typy bazidií podle stavby:

nepřehrádkovaná **holobazidie** (vlevo)

přehrádkami rozdělená **fragmobazidie**  
(dělená podélně nebo příčně, vpravo)



typy bazidií podle postavení vřeténka při meiozi:

**chiastická** (vřeténko v příčné poloze, bazidie bývá "tlustá")

**stichická** (vřeténko v podélné poloze, bazidie obvykle štíhlá, protáhlá)

bazidie mohou vznikat přímo na myceliu, příp. z jiných buněk (např. teliospor  
u rzí), ale nejčastěji je jejich tvorba soustředěna do omezené vrstvy - **hymenia** -  
nebo se tvoří (u břichatkovitých hub) uvnitř plodnice v **glebě**

## tvorba spor:

haploidní jádra po meiozi projdou sterigmaty ven z buňky a obalí se buněčnou stěnou (existují různé varianty tohoto procesu)

místo, kde spora přirůstá na sterigma, se nazývá **hilum**

ztenčenina buněčné stěny, kudy spora klíčí, je **klíční pór**

spory jsou **vystřelovány** (**balistosporie**) pomocí kapičky na bázi spory

u odvozených **gastroidních** bazidií se spory **pasivně** uvolňují (zpravidla uvnitř teřichu, typické pro břichatky)

bazidiospory jsou různého tvaru i velikosti (nejčastěji kulovité až elipsoidní), často rozmanitě ornamentované (ostnité, bradavčité, síťované)

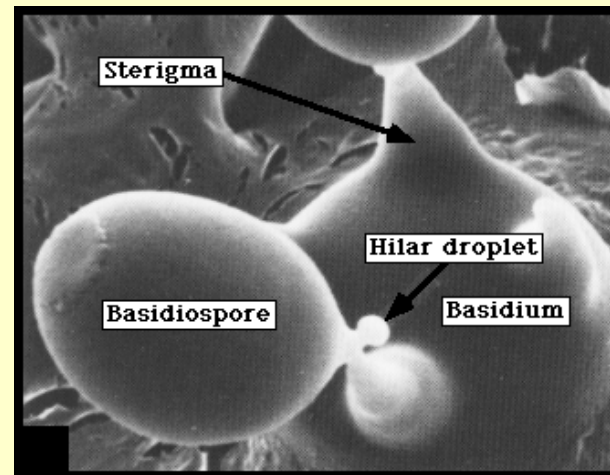
jsou téměř vždy jednobuněčné, obvykle jedno- či dvoujaderné

## klíčení bazidiospor:

základní typ je klíčení hyfou (=> primární mycelium)

u primitivnějších klíčů i jednotlivé buňky (kvasinkovité buňky, konidie nebo sekundární spory, pouze u některých řádů z býv. skupiny *Heterobasidiomycetes*)

genetické ladění - homothalické a heterothalické (bipolární a tetrapolární) typy



## **ekologie:**

saprotrofní i parazitické druhy, ale i specializované skupiny biotrofních parazitů (rzi, sněti)

ektotrofní mykorrhiza - hyfový plášť obaluje kořínky, houba proniká jen do mezibuněčných prostor (převládá u dřevin)

minimum je lichenizovaných hub, jen některé druhy (nejsou zde ohraničené taxonomické skupiny zahrnující lichenizované zástupce)

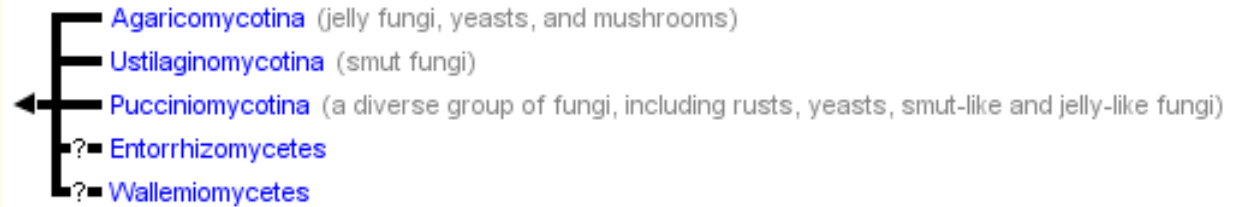
## **význam:**

hospodářsky významní jsou fytopatogenní paraziti (rzi, sněti) a houby rozkládající celulózu a lignin - "dřevokazné" houby

řada zástupců zejména "masitých" hub jsou vyhledávané jedlé houby, u některých jsou využívány halucinogenní látky

cytostatika a jiné účinné substance (*Piptoporus*, *Langermannia* aj.)

## Pojetí systému stopko- výtrusných hub v první dekádě 21. století:



There is strong evidence that the Basidiomycota is monophyletic. Ballistospores, basidia, and clamp connections are present in the Agaricomycotina, Ustilaginomycotina, and Pucciniomycotina (although not in all species), suggesting that they have a common origin. Non-molecular characters that have been used to recognize major groups within the Basidiomycota include the form of the basidia (shape and septation), ultrastructure of hyphal septa and spindle pole bodies, presence or absence of yeast phases and "spore repetition" (production of spores directly from spores), and cellular carbohydrate composition (McLaughlin et al. 1995; Oberwinkler, 1987; Prillinger et al. 1990, 1991). Sequences of ribosomal RNA (rRNA) genes, recently supplemented by protein-coding genes, have played a major role in increasing our understanding of the relationships within Basidiomycota, and have demonstrated that some morphological attributes that have been emphasized in higher-level classification, such as the form of basidia, are subject to homoplasy (Swann and Taylor 1993, 1995, Swann et al. 1999).

Three major clades are strongly supported within the Basidiomycota: 1) Pucciniomycotina includes rusts (Pucciniales) and other taxa (Swann et al. 2001, Aime et al. 2006); 2) Ustilaginomycotina includes smuts (Ustilaginales) and others (Bauer et al. 2001, Begerow et al. 2006); and 3) Agaricomycotina includes mushrooms (Agaricomycetes), jelly fungi (Auriculariales, Dacrymycetales, Tremellales) and others (Hibbett and Thorn 2001, Swann and Taylor 1995, Wells and Bandoni 2001, Hibbett 2006). Monophyly of each of these groups has been supported in phylogenetic analyses of rRNA gene sequences and protein-coding genes (Hibbett et al. 2007). Similarities in the ultrastructure of septal pores and spindle pole bodies (McLaughlin et al. 1995) suggest that Ustilaginomycotina and Agaricomycotina could be sister groups, and some molecular phylogenies also support this topology. The placements of the Wallemiomycetes (a group of osmophilic molds) and Entorrhizomycetes (a group of root-inhabiting Fungi, previously classified in the Ustilaginomycotina [Bauer et al. 2001]) are particularly problematical (Matheny et al. 2006). At present, these are classified as "incertae sedis" within the Basidiomycota (Hibbett et al. 2007), but with the application of genome-scale datasets their placements may be resolved.

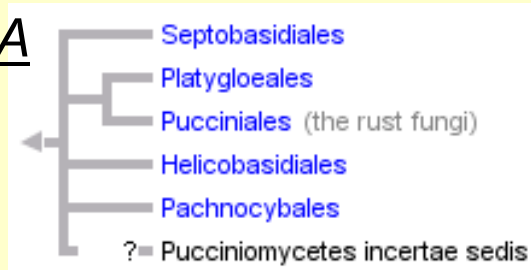
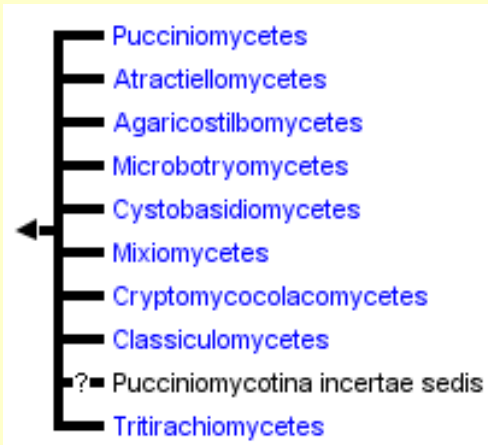


Někdejší třída *Heterobasidiomycetes* je silně heterogenní a zjevně parafyletickou skupinou, zahrnující všechny skupiny s fragmobazidií + skupiny, u nichž byla zjištěna tvorba kvasinkovitých buněk, sekundárních spor či mikrokonidií pučících z bazidiospor.

Další znaky:

- primární mycelium relativně dlouhověké
- pohlavní proces - vznik sekundárního mycelia: kromě obvyklé somatogamické hyfogamie i kopulace bazidiospor (*Tilletiales*) či gameto-somatogamie (*Pucciniales*)
- póry v přehrádkách hyf jsou různých typů - jednoduché, se zátkou i mohou zcela chybět
- bazidie různých typů se tvoří v hymeniu, přímo na myceliu nebo na sekundárních sporách
- zpravidla se nevyvíjejí plodnice
- v současném pojetí zahrnují především parazitické zástupce

# PUCCINIOMYCOTINA



Skupiny kolem rzí byly odděleny do samostatné třídy již dříve (někdy i společně se skupinami kolem snětí, tvoříce dohromady spíše heterogenní skupinu mezi

stopkovýtrusnými a vřeckatými houbami); v 90. letech byly řazeny řády *Uredinales* a *Septobasidiales* do třídy *Teliomycetes*, později byla (pro tyto a některé další řády) uznávána třída *Urediniomycetes*, dnes je taxon hodnocen na úrovni pododdělení *Pucciniomycotina*.

- houby tvořící myceliální i kvasinkovité formy, buněčná stěna obsahuje xylózu – póry v septech bez parentosomů, ale s microbodies; mohou být ucpány zátkou
- karyogamie v probazidii (teliospoře), meioza v metabazidii – ta pak bývá příčně přehrádkovaná s bočně narůstajícími sporami (vzácněji karyogamie i meioza v jedné buňce => holobazidie, zůstává celistvá nebo se tvoří příčné přehrádky)
- parazité rostlin nebo živočichů, nepatogenní endofyté nebo rhizosférní houby

More than 95% of the species and 75% of the genera in this group are placed in the Pucciniales (Pucciniomycetes), the plant parasitic rust fungi. The next largest orders, Septobasidiales (Pucciniomycetes) and Microbotryales (Microbotryomycetes), collectively constitute approximately 5% of the species and 4% of the genera. Nearly 20% of the rust genera and 60% of the nonrust genera are monotypic (containing only one species). The rust fungi and several of the yeasts have been more extensively studied than have other taxa, and the surprisingly large percentage of monotypic genera may be artificially high due to the limited research on these often obscure fungi.

# ***PUCCINIOMYCETES***

## **řád *Pucciniales* (*Uredinales*) - rzi**

obligátní biotrofní parazité cévnatých rostlin

intercelulární mycelium s haustorii => stimulace hypertrofie anebo hyperplazie v pletivu hostitele

přepážky s jednoduchými póry (nejsou vytvořeny dolipory, **kolem pórů se mohou vyskytovat microbodies**), hyfy bez přezek

pohlavním procesem je gameto-somatogamie, netvoří se plodnice

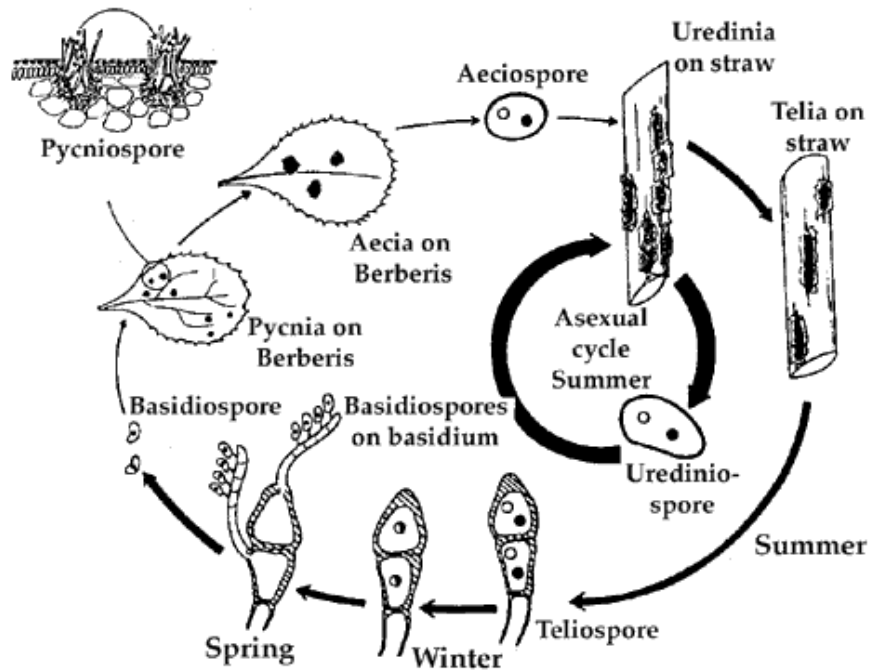
pravděpodobně se jedná o nejprimitivnější stopkovýtrusné houby:

- přepážky hyf nemají přezky a dolipory
- dlouhá haploidní fáze
- gameto-somatogamie
- více stadií nepohlavních spor (aeciospory, urediospory, teliospory)

složité životní cyklus:

- heteroecické = dioecické (dvoubytčné) rzi - střídání dvou hostitelů
  - autoecické = monoecické (jednobytčné) rzi - celý životní cyklus na jednom hostiteli
- řada druhů má různým způsobem zkrácený životní cyklus (tzv. brachy-, demi-, mikrocyklické druhy)

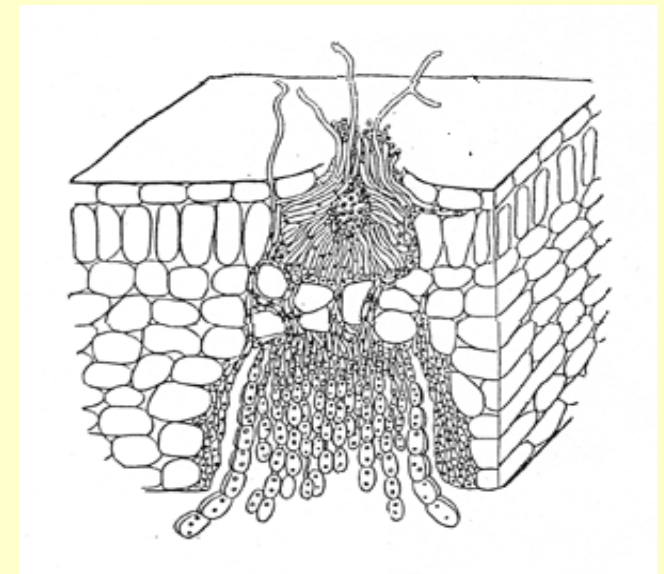
# Life Cycle of *Puccinia graminis*

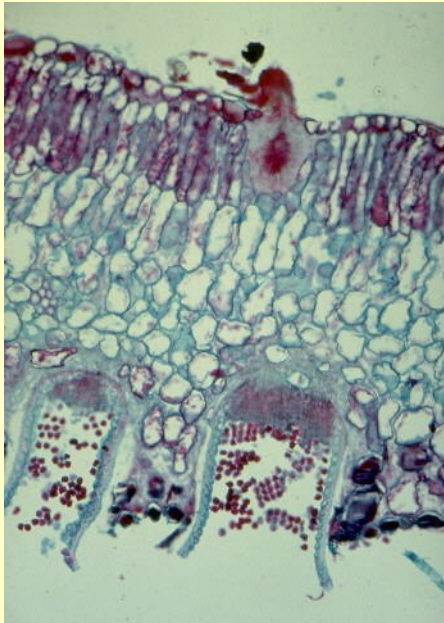


vývojový cyklus dvoubytné rzi  
(mezihostitel, hlavní hostitel):

**bazidiospora** (n) vyklíčí v haploidní mycelium => pod svrchní epidermis se tvoří bipolárně pohlavně laděná **spermogonia (0)**, kde dojde k tvorbě **spermacií** a receptivních hyf; zde se vytváří „nektar“, hmyz přenese spermacie => oplození => sekundární dikaryotické mycelium => na spodní straně listu se vytváří ložiska - **aecia (prášilky; I)** prorážející epidermis => **aeciospory** (spermogonia + aecia na obrázku dole)

=> infekce hlavního hostitele => vývin dikaryotického mycelia => tvorba ložisek - **uredií (II)** => **urediospory** => další šíření nákazy během vegetační sezóny => před dozráním hostitele se vytvoří ložiska - **telia (III)** => **teliospory** (přetrvávající neinfekční spory) => karyogamie - fungují jako probazidie => vyklíčí z nich stichické fragmobazidie => meioza => **bazidiospory (IV)**





zástupci:

*Puccinia* - 2-buněčné teliospory: *P. graminis* - meziphostitel dříšťál (vlevo nahoře spermogonium a aecia), hlavní hostitel trávy (vlevo dole teliové ložisko), *P. punctiformis* - pcháč oset

*Uromyces* - 1-buněčné teliospory, často na bobovitých:  
*U. pisi* - pryšec (meziphostitel) + hrách (hlavní hostitel)

*Phragmidium* - vícebuněčné teliospory: *P. rubi-idaei* - maliník



*Gymnosporangium sabiniae*:  
hrušeň (meziphostitel, aecia - 2 obr. uprostřed) + jalovec (hl. host., telia - obr. vpravo)



mezi *Pucciniomycetes* jsou dále řazeny řády:

***Helicobasidiales*** – parazité rostlin (původci kořenových hnilob), ale i hub (zaznamenán neobvyklý případ hostitelů z různých říší – parazit rží *Tuberculina* je anamorfoou fytopatogenní houby *Helicobasidium*)

[http://www4.rz.rub.de:8230/imperia/md/content/geobot/2004/lutz\\_2004a-tuberculina-thanatophytum.pdf](http://www4.rz.rub.de:8230/imperia/md/content/geobot/2004/lutz_2004a-tuberculina-thanatophytum.pdf)

***Pachnocybales*** – pleomorfické houby, tvořící blastokonidie, chlamydospory, ale i větší útvary charakteru plodnic; nerozlišené holobazidie, v hyfách jednoduché póry

***Platyglloeales*** – parazité mechů (zejména na severní polokouli), vyvíjejí se na místě sporofytu a čerpají živiny z gametofytu

***Septobasidiales*** – houby tvořící komplexní symbiotický vztah s červci a jejich hostitelskými rostlinami; rozšířené celosvětově, ale zejména v teplých oblastech



*Eocronartium muscicola* (*Platyglloeales*).

Foto Věra Svobodová; <http://botany.cz/cs/eocronartium-muscicola/>



*Helicobasidium longisporum* na kořenech a bázích stonků.

Foto Matthias Lutz; <http://tolweb.org/Helicobasidiales/51250>

## **AGARICOSTILBOMYCETES** a **SPICULOGLOEOMYCETES**

Wang et al. (2015): Phylogenetic classification of yeasts and related taxa within *Pucciniomycotina*; <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2015.12.002>

- dimorfické houby, saprotrofní (na rostlinných zbytcích) nebo pravděpodobně mykoparazitické (pozorována tvorba haustorií tremeloidního typu)
- tvorba stilboidních „plodniček“, odstřelování balistokonidií ze stopkatých konidioforů (s tím se jinde u *Pucciniomycotina* nesetkáváme)
- fukóza v buněčné stěně; kolem pórů v přehrádkách jsou microbodies
- k oddělení spindle pole body (základ děl. vřeténka) dochází v nukleoplazmě

## **ATRACTIELLOMYCETES** [1 řád *Atractiellales*]

- houby charakteristické přítomností symplechosomů (organely neznámé funkce, ale typické pro tento taxon)
- též tvorba „plodniček“ stilboidního typu
- saprotrofové, ale bylo objeveno i symbiotické spojení s tropickými orchidejemi

*Phleogena faginea* (*Atractiellales*)

Foto Josef Hlášek; [http://www.hlasek.com/phleogena\\_faginea.html](http://www.hlasek.com/phleogena_faginea.html)



Symplechosom *Saccoblastia farinacea* (měřítko 0,25  $\mu\text{m}$ )

Foto Robert Bauer; [http://www.crem.fct.unl.pt/dimorphic\\_basidiomycetes/Papers/DMBclassification/classification.htm](http://www.crem.fct.unl.pt/dimorphic_basidiomycetes/Papers/DMBclassification/classification.htm)

## **CLASSICULOMYCETES** [1 řád, 1 čeleď *Classiculaceae*]

- rostou na rostlinných zbytcích na vodní hladině
- tvorba haustor. buněk tremel. typu, typických pro mykoparazity
- s póry v přehrádkách jsou asociována microbodies



# CRYPTOMYCOCOLACOMYCETES

[1 řád, 1 čeleď *Cryptomycolacaceae*]

– *Cryptomycolax abnorme* je parazitem vřeckatých hub

– tyto houby mají colacosomy (viz ilustrace) a microbodies u pórů v septech

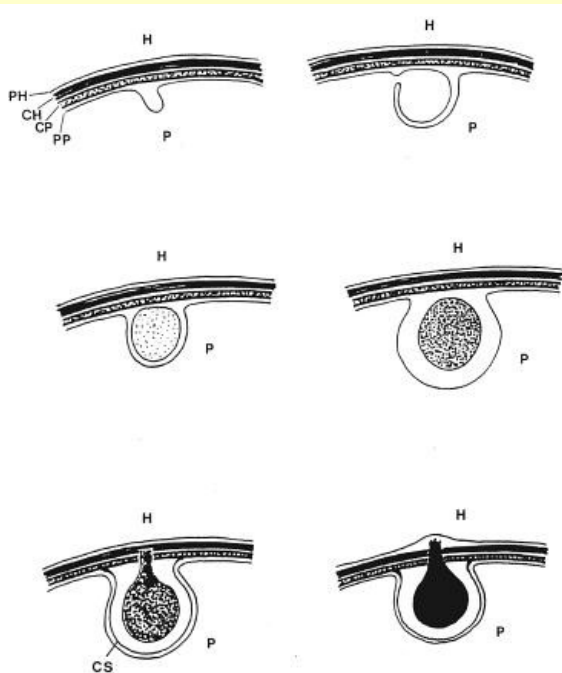
<http://www.jstor.org/discover/10.2307/3760154?uid=3737856&uid=2129&uid=2134&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104958603593>

Zdroj obrázků na této stránce:

Robert Bauer & Franz Oberwinkler: Cellular Basidiomycete-Fungus Interactions.

In: A. Varma, L. Abbott, D. Werner, R. Hampp (eds.): Plant Surface Microbiology.

Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2004



## MICROBOTRYOMYCETES

– mykoparazitické houby, u nichž se tvoří colacosomy (vývin a průnik skrz stěnu hostitele viz na obr. vlevo)

– nepozorována microbodies u pórů v přehrádkách

– k oddělení spindle pole body dochází v cytoplasmě

– řády *Heterogastridiales* (sem patří *Colacogloea*),

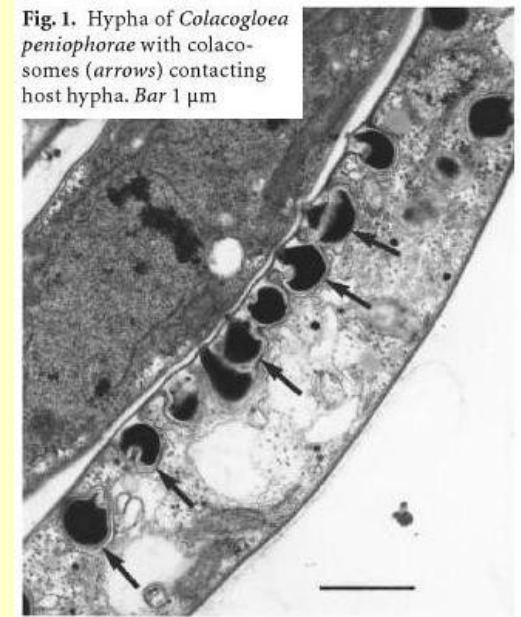
*Leucosporidiales* (mořská voda u Antarktidy), *Microbotryales* (parazité rostlin,

symptomy, teliospory a živ. cyklus spíš podobné snětím),

*Sporidiobolales* rozšířené zejména v podobě kvasink. stadií (anamorfy *Rhodomycetes*, *Sporobolomyces*)

**Fig. 2.** Diagram of colacosome development, modified from Bauer and Oberwinkler (1991). Abbreviations and symbols: CH cell wall of the host *Hyphoderma praetermissum*, CP cell wall of the parasite *Colacogloea peniophorae*, CS secondary cell wall layer, H cell of the host *Hyphoderma praetermissum*, P cell of the parasite *Platygløea peniophorae*, PH plasma membrane of the host *Hyphoderma praetermissum*, PP plasma membrane of the parasite *Colacogloea peniophorae*. (top left) Initial stage of invagination of the plasma membrane of the parasite. (top right) The plasmalemma of the parasite recurves. (middle left) Delimitation of the young colacosome from the cytoplasm. (middle right) The central part of the colacosome becomes homogeneous and more and more electron-opaque. The electron-transparent sheath of the colacosome increases in thickness. (lower left) The electron-opaque core material penetrates the cell wall of the parasite and begins to intrude the cell wall of the host. (lower right) Final developmental stage with colacosome penetration through host cell wall

**Fig. 1.** Hypha of *Colacogloea peniophorae* with colacosomes (arrows) contacting host hypha. Bar 1 µm





## **CYSTOBASIDIOMYCETES**

- v buněčné stěně není zastoupena fukóza
- k oddělení spindle pole body (základ dělicího vřeténka) dochází v cytoplazmě
- řády *Cystobasidiales* (sev. mírný pás, parazité vřeckatých hub koprofilních nebo lichenizovaných), *Naohideales* (též sev. mírný pás), *Erythrobasidiales* (Japonsko), dnes do tohoto řádu řazen i rod *Cyphobasidium* – kvasinkovité buňky, symbionti v korové vrstvě lišejníků (viz *Lichenes*)

## **MIXIOMYCETES** [1 řád, 1 čeleď, 1 rod *Mixia*] [http://tolweb.org/Mixia\\_osmundae/51266](http://tolweb.org/Mixia_osmundae/51266)

- monotypický taxon, *Mixia osmundae* je parazitem kapradin
- houby charakteristické mnohojadernými hyfami, jen zřídka s přehrádkami
- na povrchu epidermis hostitele se tvoří sporogenní buňky (též označovány jako sporangia) a z jejich povrchu se uvolňují současně až tisíce spor (zatím není známo, zda jsou pohlavní či nepohlavní, každopádně tento proces nemá obdoby mezi stopkovýtrusnými houbami)

## **TRITIRACHIOMYCETES** [1 řád, 1 čeleď *Tritirachiaceae*]

- známy pouze anamorfy (podobné vřeckatým „nepravým plísním“)
- v septech jednoduché póry s drobnou zátkou
- dosud izolovány z mrtvých kořenů rostlin, těl hmyzu i neživých substrátů; pravděpodobně jde o parazity vřeckatých hub (*Penicillium* aj.), některé druhy mohou být původci mykóz živočichů včetně člověka

## USTILAGINOMYCOTINA

I tato skupina prodělala v průběhu času značné posuny v systému a změny svého rozsahu. Historicky se můžeme setkat s pojetím skupiny *Hemibasidiomycetes* (buď pro rzi a sněti dohromady, nebo jen pro sněti /rzi pak patřily mezi *Protobasidiomycetes*/) nebo skupiny *Endomycetes* (sněti + kvasinky).

Z novější doby pochází pojetí samostatné třídy, případně dvou tříd *Ustomycetes* a *Sporidiomycetes* (mj. i v samostatném oddělení *Ustomycota*).

System přelomu století, založený na klasické morfologii, ultrastrukturních znacích i molekulárních datech dělil tuto skupinu na třídy *Entorrhizomycetes* (již byla zmíněna jako separátně řazený taxon), *Ustilaginomycetes* a *Exobasidiomycetes*.

Je možno zaznamenat i přesuny některých druhů mezi tradičními řády, např. čeleď *Urocystaceae* (dříve součást řádu *Tilletiales*) aktuálně dala základ řádu *Urocystales* v třídě *Ustilaginomycetes* (připadly sem ovšem i některé rody řazené dříve do čeledí *Tilletiaceae* i *Ustilaginaceae*).

Problematické je postavení řádu *Sporidiales* ("bazidiogenní kvasinky" tvořící teliospory), dříve vyčleňovaného v této skupině jako taxon nejasného postavení. Nově je kladen do pododdělení *Pucciniomycotina* (viz tř. *Microbotryomycetes*, řád *Sporidiobolales*).

Lack of membrane bands or caps at the pores and the presence of local interaction zones without interaction apparatus characterize the Entorrhizomycetidae (Bauer et al. 1997). Entorrhiza is the single genus currently identified of this group.

Presence of enlarged interaction zones characterizes the Ustilaginomycetidae (Bauer et al. 1997). This statistically well-supported subclass (Begerow et al. 1997) comprises 33 teleomorphic (with a known sexual stage) and one anamorphic (without a known sexual stage) genera, e.g. Anthracoidea living on Cyperaceae, Cintractia living on Cyperaceae and Juncaceae, Doassansiopsis living on mono- and dicots, Farysia living on Cyperaceae, Melanotaenium s. str. living on dicots, Mycosyrinx living on Vitaceae, Pseudozyma (anamorphic genus), Sporisorium living on Poaceae, Thecaphora living on dicots, Urocystis living on mono- and dicots or Ustilago s.str. mainly living on Poaceae.

The Exobasidiomycetidae differ from the Ustilaginomycetidae by forming local interaction zones and from the Entorrhizomycetidae by having membrane caps at the pores (Bauer et al. 1997). This subclass contains 35 teleomorphic and two anamorphic genera, e.g. Botryoconis living on Lauraceae, Brachybasidium living on Arecaceae, Coniodictyum living on Rhamnaceae, Doassansia living on mono- and dicots, Entyloma living on dicots, Exobasidium living on dicots, Georgefischeria living on Convolvulaceae, Graphiola living on Arecaceae, Malassezia (anamorphic genus), Microstroma living on Juglandaceae and Fagaceae, Tilletia living on Poaceae, Tilletiaria (only known in laboratory) or Tilletiopsis (anamorphic genus).

<http://tolweb.org/Ustilaginomycotina>

Left: Transmission electron micrograph showing a local interaction zone (arrows) between *Exobasidium pachysporum* (lower cell) and its host (upper cell). Note the interaction apparatus (arrowheads) and the deposit at the host cell. Scale bar = 0.5  $\mu\text{m}$ . © R. Bauer 1997  
Right: Transmission electron micrograph showing an enlarged interaction zone between *Ustacystis waldsteiniae* and its host. The haustorium (h) is encased by electron-opaque material. Scale bar = 2  $\mu\text{m}$ .  
© R. Bauer 1997

<http://tolweb.org/Ustilaginomycotina/20530>



## Charakteristika skupiny (pododdělení) *Ustilaginomycotina*:

- parazité rostlin, působící symptomy charakteru snětí nebo rzí (výjimečně i patogeni jiných organismů)
- vegetativní fáze je myceliální
- mnohé z nich jsou dimorfické houby, schopné tvořit saprotrofní kvasinkové stadium nebo blastokonidie
- sacharidy buněčné stěny jsou hlavně založeny na glukóze, chybí xylóza
- póry v septech postrádají parentosomy, kolem póru není septum ztlustlé (s výjimkou *Tilletiales*)
- tvorba meiospor na holobazidii nebo fragmobazidii

### ***MONILIELLOMYCETES***

[1 řád, 1 čeleď, 1 rod *Moniliella*]

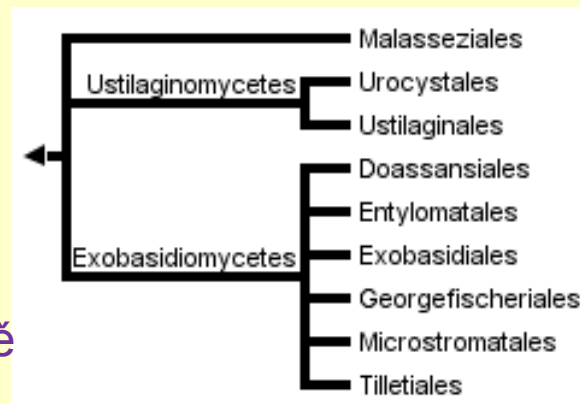
– kvasinkovité houby, spolu s následující třídou zřejmě reprezentují bazální linie skupiny *Ustilaginomycotina*

Wang et al. (2014): *Moniliellomyces* and *Malasseziomyces*, two new classes ... <https://doi.org/10.3767/003158514X682313>

### ***MALASSEZIOMYCETES*** [1 řád, 1 čeleď, 1 rod *Malassezia*]

– lipolytické houby, oportunní patogeni na kůži živočichů (i povrchové dermatomykózy u člověka)

– kvasinkovité buňky, množí se pučením, pohlavní proces zatím nepozorován  
– taxon dříve řazený do třídy *Exobasidiomycetes*



# **USTILAGINOMYCETES**

mají rozšířené interakční zóny, průnik haustorii do hostit. buněk (viz snímky výše)

## **řád *Ustilaginales* - prašné sněti**

obligátní vysoce specializovaní (na hostitele a jejich orgány - listy, květy aj.)

parazité cévnatých rostlin

silně redukovaná haploidní fáze, plodnice chybí

parazitické dikaryotické intercelulární mycelium s haustorii, přepážky převážně bez pórů (!) a s přezkami; toto sekundární mycelium vzniká kopulací:

a) primárních mycelií

b) primárního mycelia s bazidiosporou

c) dvou sekundárních spor (vypučivších z bazidiospory)

často se tvoří kvasinkovité stadium nahrazující primární mycelium

z dikaryotického mycelia tvorba sorů tlustostěnných teliospor (chlamydospor)

=> karyogamie => vyklíčí tzv. promycel => meioza - stává se metabazidií (příčně

přehr.) => tvorba bazidiospor (mohou dále pučet), ty pak spolu kopulují rovnou

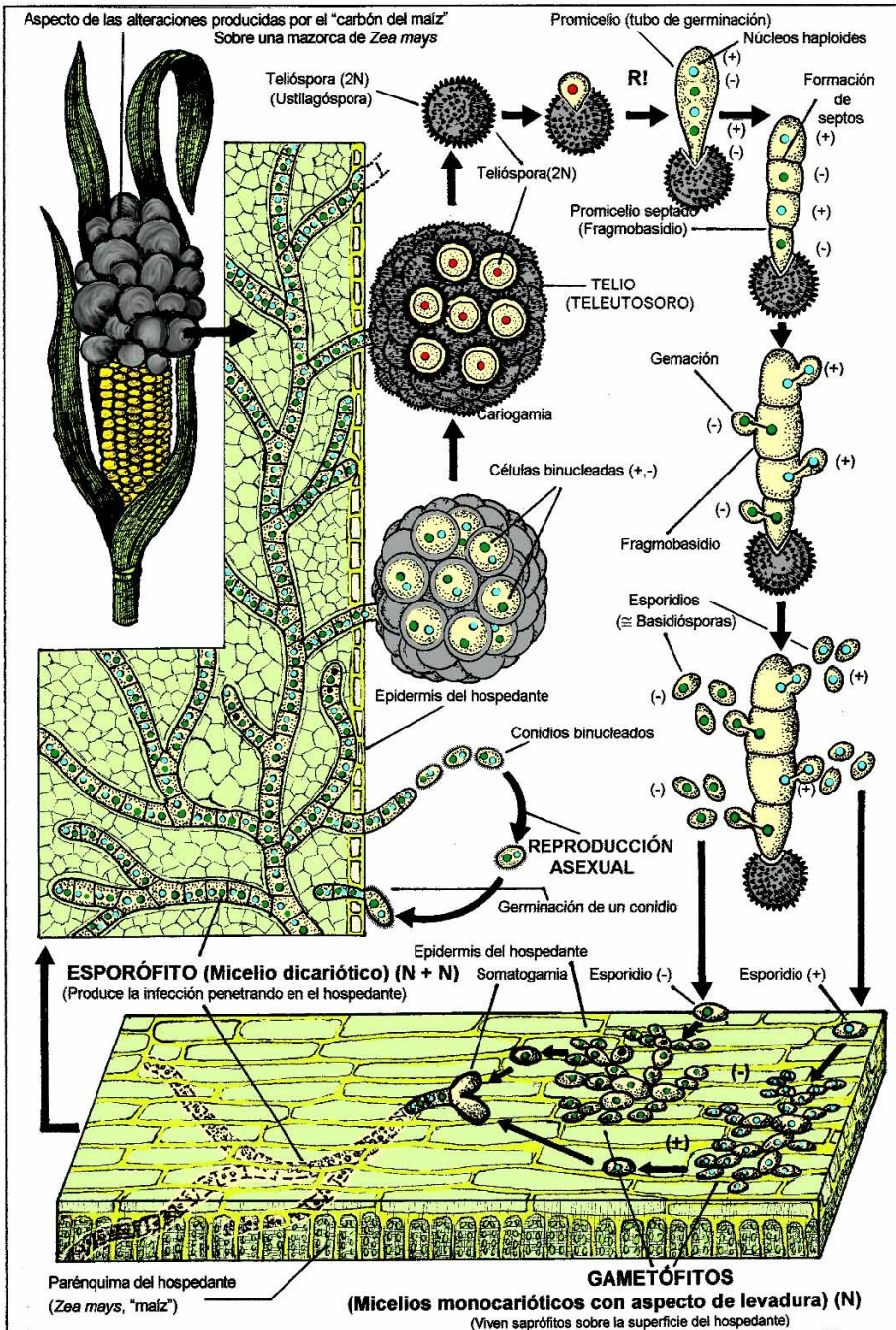
anebo kopulují buňky z nich vypučivší => dikaryotické mycelium => infekce

(často napadení embrya, po vyklíčení semene sněť prorůstá rostlinou a projeví se až v dospělosti přeměnou obsahu plodu v masu chlamydospor)

nepohlavní rozmnožování - hyfy prorážející na povrch hostitele odškrcují

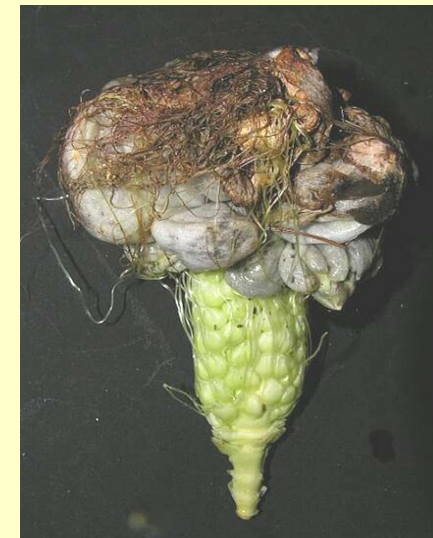
dikaryotické blastospory => další infekce

**CICLO DE USTILAGO MAYDIS ("Carbón del maíz") (Heterobasidiomycetidae)  
DIGENÉTICO HETEROMÓRFICO CON ESPORÓFITO DOMINANTE**



druhově bohatý rod *Ustilago*:

*Ustilago maydis*  
(prašná sněť kukuřičná, viz foto i schéma životního cyklu)  
*U. tritici* (prašná sněť pšenično-ječná) – infekce květů, přezimuje v obilce



*Cintranctia caricis* – mošničky ostřic

**řád *Urocystidales***

- parazité cévnatých rostlin, též je zde specializace konkrétních druhů na hostitele z urč. rodů nebo čeledí
- sporulují obvykle ve vegetativních orgánech rostlin
- tvorba spor ve shlucích, ve kterých jsou obaleny sterilními buňkami („spore balls“, „Sporenballen“)

## **EXOBASIDIOMYCETES**

mají většinou holobazidie (*Tilletiales*, *Exobasidiales*, *Doassansiales*, *Georgiefischeriales*), póry s parentosomy (vzácněji jednoduché póry nebo přepážky bez pórů), lokální interakční zóny, tvoří klubka hyf v buňkách host.

### **řád *Tilletiales* - mazlavé sněti**

obligátní parazité cévnatých rostlin, podobné projevy jako prašné sněti

odlišnosti od prašných snětí:

- chybí primární mycelium a kvasinkovitá stadia
- dikaryotické mycelium - primitivní dolipory, bez přezek
- holobazidie
- protáhlé bazidiospory kopulují zpravidla ještě na bazidii pomocí kopulačních kanálků (tvar písmene H) => klíčení hyfou nebo sekundárními sporami (nikdy pučením!)
- hostitele infikuje dikaryotická hyfa, nejčastěji v půdě při klíčení rostliny (infekce není předem v embryu!)

zástupci:

*Tilletia caries* (mazlavá sněť pšeničná) - obilniny (hlavně pšenice); „caries“ (lat. „kaz“) - zrna s kazem (viz foto)



## řád *Exobasidiales*

vysoce specifictí parazité, intercelulární mycelium s haustorií  
vytváří nádory, skvrny na listech a jiné deformace

na povrchu hostitele se tvoří vrstva holobazidií (hymenium, plodnice ale chybí)  
napadají zástupce některých čeledí rostlin (hl. *Ericaceae*, *Empetraceae*)

*Exobasidium vaccinii* (plíška brusinková) - červenobílé skvrny na brusnicích





mezi *Exobasidiomycetes* jsou dále řazeny řády:

***Ceraceosorales*** – monotypický taxon, druh *Ceraceosorus bombacis* parazituje na *Bombax celba* („cotton tree“) v Indii

***Doassansiales*** – parazité vodních rostlin, projevují se jako skvrny na listech  
– vytvářejí lokální interakční zóny, netvoří žádná haustoria

***Entylomatales*** – také parazité cévnatých rostlin, způsobující listovou skvrnitost  
– intercelulární růst, tvorba shluků spor (sori) v pletivu  
– většinou se vyskytují v anamorfním stadiu

***Georgefischeriales*** – parazité trav, vzácněji i jiných krytosemenných rostlin  
– vytvářejí lokální interakční zóny, netvoří žádná haustoria ani intracelulární hyfy  
– sporulují ve vegetativních orgánech rostlin, zejména listech

***Microstromatales*** – parazité cévnatých rostlin, symptomy jsou též skvrnitost listů, případně napadení stonků nebo tvorba nádorů



*Entyloma oryzae*

Foto Donald Groth;  
<http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5390514>

*Microstroma juglandis*,  
skvrny na listu  
*Juglans regia*

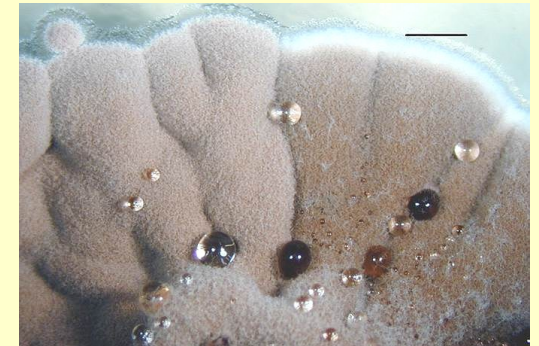


Foto Jaroslav Rod; <http://old.botany.upol.cz/atlas/system/gallery.php?entry=Microstroma%20juglandis>

## WALLEMIOMYCOTINA

### **WALLEMIOMYCETES** [jediný rod *Wallemia*]

- xerofilní a osmofilní houby (snášející i vysoké koncentrace cukrů nebo solí), široce rozšířené v půdě, konidie ve vzduchu, běžně osídlují suché potraviny
- nepohlavní rozmnožování: konidiofory nevětvené nebo sympodiálně proliferující (z konidiogenní buňky může vyrůstat další), z konidiogenní buňky se na distálním konci postupně vytvářejí a odlamují arthrospory
- přehrádky v hyfách s jednoduchými póry, přehrádka na okraji póru ztlustlá až soudečkovitá (jako u doliporů)
- separátní linie v rámci stopkovýtusných hub (incertae sedis), možná sesterská skupina *Agaricomycotina* (?) nebo *Ustilaginomycotina* (?)



*Wallemia sebi*, dole kolonie (měřítko 1 mm), nahoře arthrokonidie.

Foto Alena Kubátová; <http://ziva.avcr.cz/2012-5/houby-v-nasich-domacnostech-aneb-o-cem-doma-vite-i-nevite.html>