

Ekologie hub

7. Parazité a predátoři



Jsou věci, o nichž nelze nic zjistit. Ale nelze ani zjistit, které to jsou.

(Murphyho zákon)

Houboví parazité a predátoři



©L. Gilbert UT Austin

Houboví parazité rostlin

Obligátní biotrofní parazité – potřebují hostitele živého

- houba vylučuje sekundární metabolity a proteiny **efektory**

= **virulentní** faktor, mohou spouštět PCD

= úzka **vazba druhu-druh**

= **koevoluce** gen-gen

= **geny rezistence, šlechtění**



Taphrina deformans (Taphrinomycotina)
<http://opera3.over-blog.com/article-marre-du-taphrina-deformans-51489595.html>

padlí jabloňové (*Podosphaera leucotricha*)

Houboví parazité rostlin

Obligátní biotrofní parazité

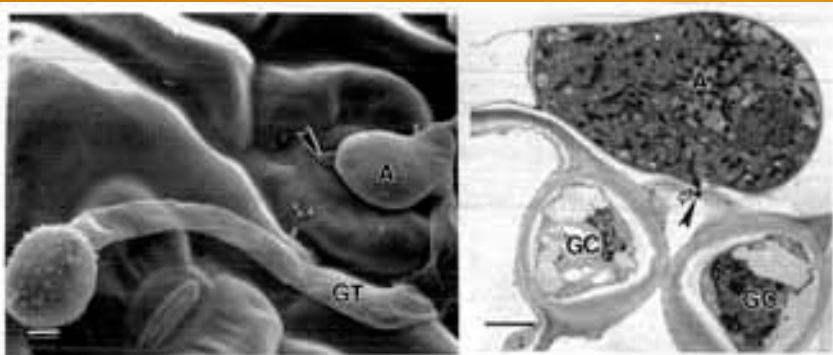


Figure 2-14 (A) SEM of an appressorium (indicated by A) of a plant pathogenic fungus on a leaf surface. The appressorium developed from the tip of a germ tube (GT) that grew over a stoma. The guard cell lips are barely visible at the appressorium. (B) TEM of an appressorium over a stoma. A tiny peg (arrow) had emerged from the appressorium and grown between the guard cells. (From Miles et al. (1999).)

Alexopoulos (1994)

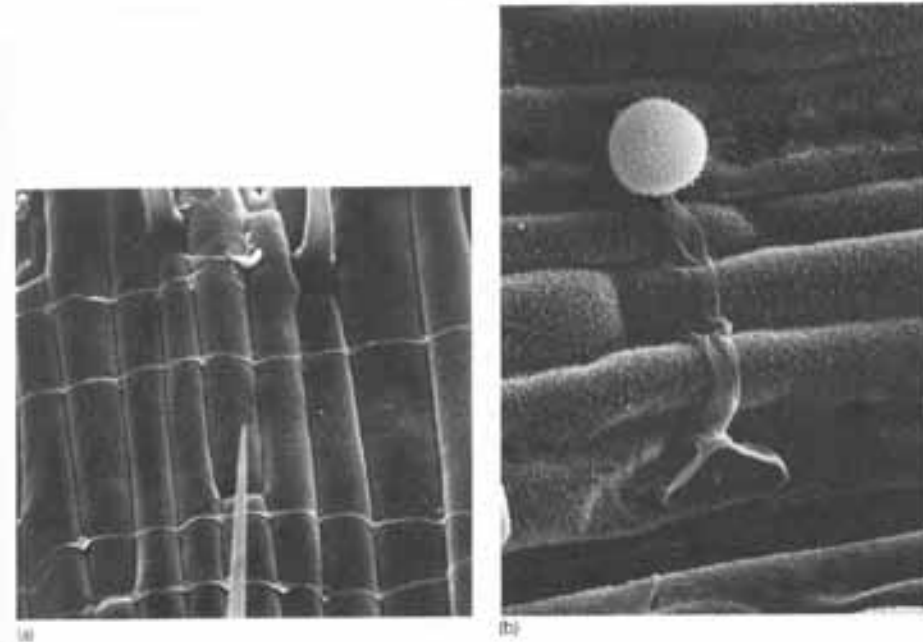
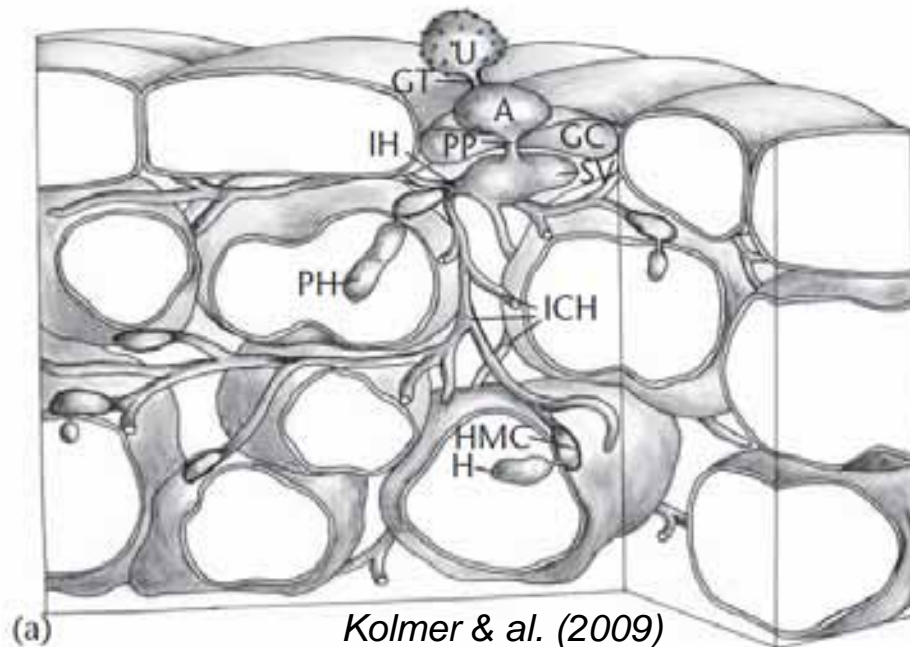


Fig. 9.2 Directional growth of urediniospore germ tubes. (a) *Puccinia graminis tritici*, four germ tubes growing across a wheat leaf at right angles to the long axis of the leaf (from Lewis & Day, 1972, © British Mycological Society); (b) *Puccinia sorghi*, urediniospore on a maize leaf with the germ tube extending at right angles to the long axis of the epidermal cells. A terminal appressorium has formed over a stoma (photograph by W.K. Wynn, by courtesy of V.A. Wilmot).

Alexopoulos (1994)



Kolmer & al. (2009)

Houboví parazité rostlin

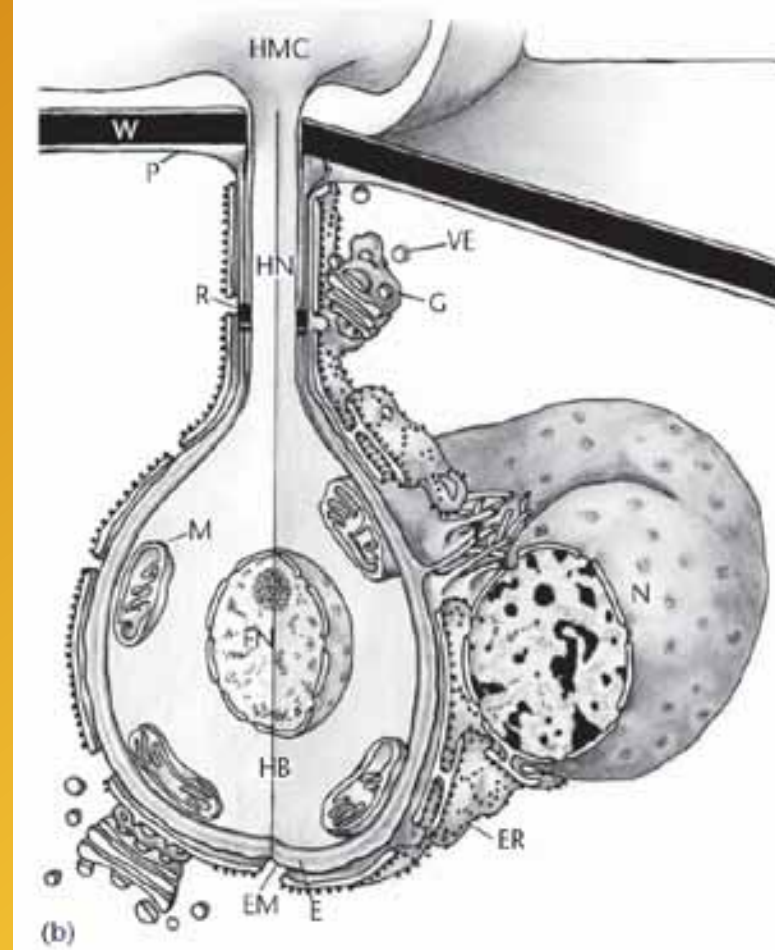
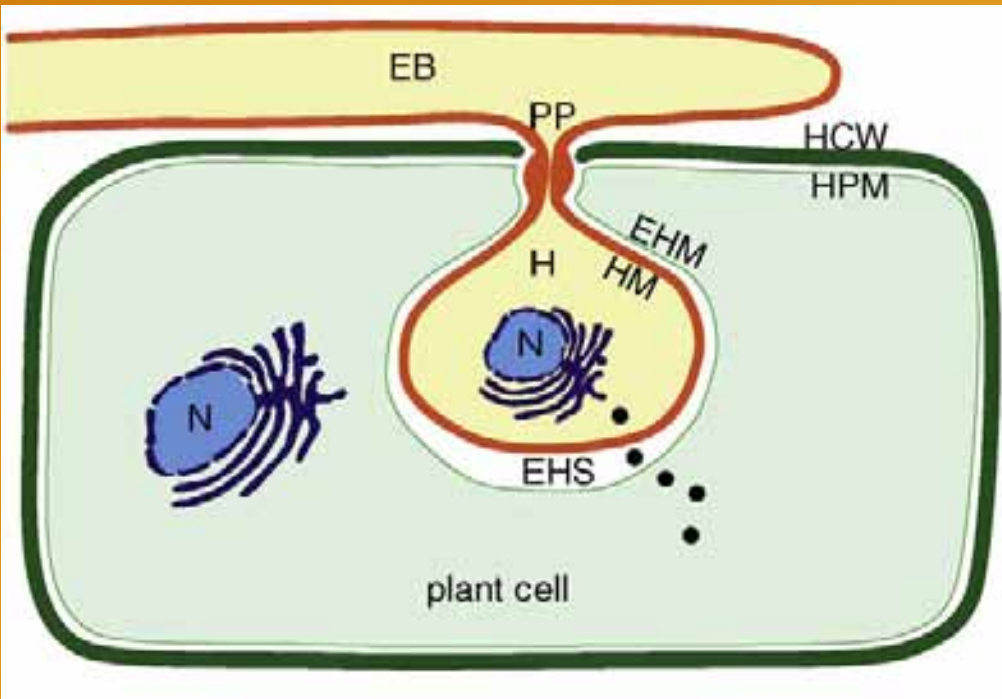


Figure 2 Diagrammatic representation of infection structures of a cereal rust fungus. (a) Uredinial infection structures at 60 h. U, urediniospore; GT, germ tube; A, appressoria; GC, stomatal guard cell; PP, penetration peg; SV, substomatal vesicle; IH, infection hyphae; PH, primary haustoria; ICH, intercellular hyphae; H, additional haustoria. Drawn by James Chong. Reproduced from Harder (1984). (b) Cross section of invaded host cell at the site of penetration to show three-dimensional representation of a mature haustoria and association with host cell organelles. E, EH, extrahaustorial matrix; EM, extrahaustorial membrane; ER, endoplasmic reticulum; FN, fungal nucleus; G, golgi body; HB, haustorial body; HMC, haustorial mother cell; HN, haustorial neck; M, mitochondria; N, host nucleus; P, plasmalemma; R, ring neck; T, tubule complex; V, vesicle; W, host cell wall. Drawn by James Chong. Reproduced from Harder and Chong (1984).

Haustoria of plant pathogens (fungi, oomycetes) are almost entirely enclosed by the host cell wall and a double membrane system, except for a narrow portal (**penetration peg, PP**) for passage of nutrients to the **external pathogen body (EB)**. During infection the pathogen breaches the **host cell wall (HCW)** and the developing haustorium is surrounded by the **extrahaustorial membrane (EHM)** that is distinguished from the **host plasma membrane (HPM)** in that it lacks many of the membrane protein markers of the HPM. It is unknown at this stage whether the EHM is remodelled by any secreted pathogen proteins. **Effector proteins** are secreted across the **haustorial membrane (HM)**, the **extrahaustorial space (EHS)** or matrix and EHM to the host cytoplasm and nucleus.

Ellis & al. (2009)

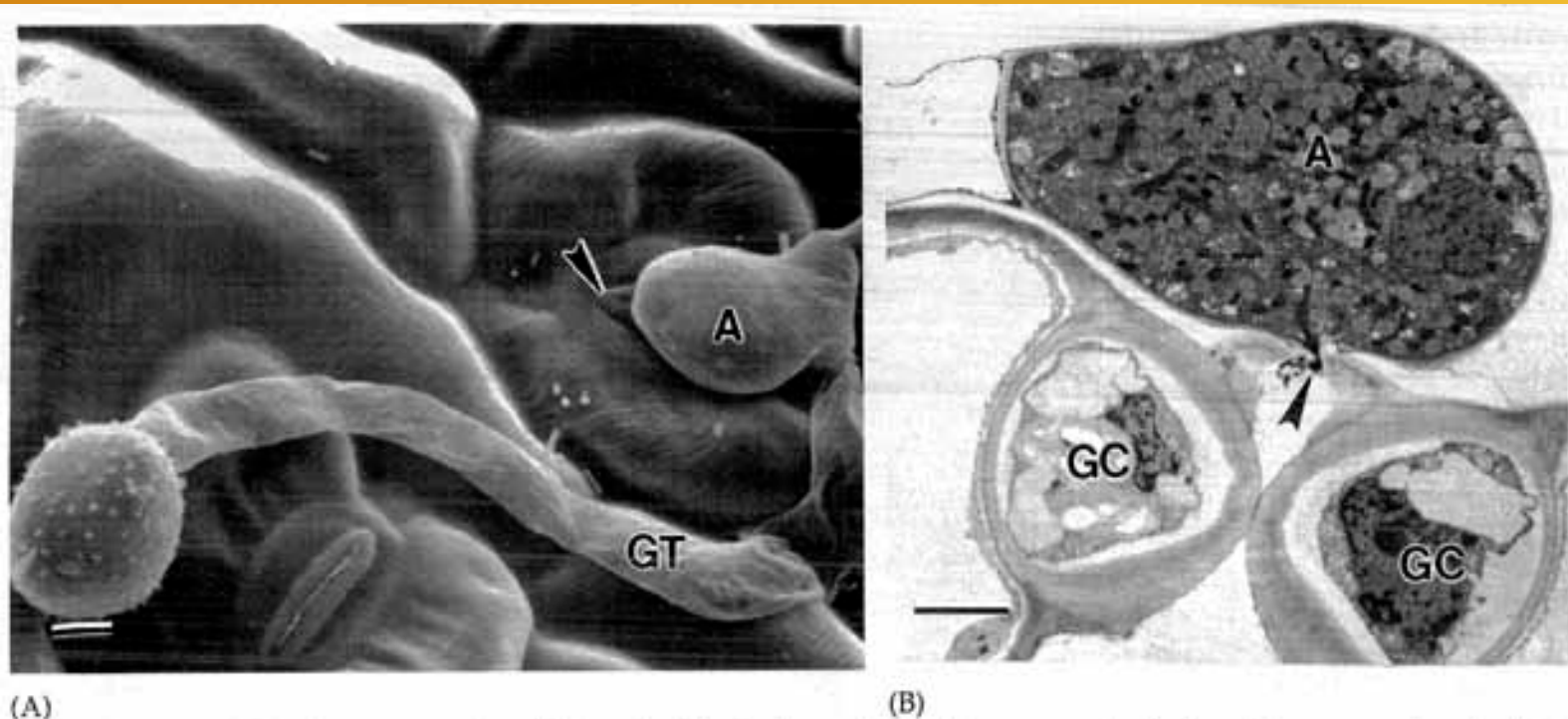
Houboví parazité rostlin

Pasivní obrana rostlin

= fenolické látky, taniny, saponiny, chitinázy, mechanické bariéry

Pronikání do hostitele

- nespočet vstupních bran (požerek, vpich, mechanické poškození, průduch, ...)
- speciální adaptace (apresoria)



(A) SEM of an appressorium (indicated by A) of a plant pathogenic fungus on a leaf surface. The appressorium developed from the tip of a germ tube (GT) that grew over a stoma. The guard cell lips are barely visible at the arrowhead. (B) TEM of an appressorium over a stoma. A tiny peg (arrow) had emerged from the appressorium and grown between the lips of the guard cells (GC). Bars = 2.5 μ m. [From Mims et al. (1989).] Alexopoulos (1994)

Mimikry parazitů rostlin

Monilinia vaccinii-corymbosii

- biotrofní parazit na květech a listech *Vaccinium*, způsobuje **zvětšení květů** a **láká opylovače**
- rostoucí hyfy se **maskuje** jako **pylová láčka** – proniká do květu skrz bliznu, využívá pohodlnou cestu pro pylovou láčku

Exobasidium vaccinii

- zvětšené květy k nalákání opylovače



Exobasidium vaccinii

<http://www.duke.edu/~jspippen/fungi/mushrooms.htm>

Mimikry parazitů rostlin

- tzv. **falešné květy** („*pseudoflowers*“) ze **spermogonií**, které vábí hmyz vůní a tvarem květu
- aldehydy, aromatické alkoholy a estery
- vůně jsou specifické pro konkrétní druh hmyzu
- vysoká pravděpodobnost, že přiletí správný opylovač daného druhu rostliny
- šetří se gamety houby

Puccinia monoica

<http://www.swcoloradowildflowers.com/White%20Enlarged%20Photo%20Pages/boechera%202.htm>



Houboví parazité rostlin

Hemibiotrofní parazité – mají nejprve biotrofní fázi, pak nekrotrofní
(*Leptosphaeria maculans*)

Nekrotrofní parazité – zabijí hostitele a pak jej dál
zúžitkovávají (*Armillaria mellea*)

- pasivní obrana rostlin (fenolické látky, taniny, saponiny, mechanické bariéry, kalus, ...)
- vstupní brány (požerek, vpich, mechanické poškození, průduch, ...)
- **toxiny** a lytické enzymy pro rozklad



Armillaria mellea
<http://www.mykoweb.com/>



Magnaporthe grisea,
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rice_blast.jpg

Houboví parazité rostlin

Fakultativní parazité – saprotrofové, kteří se mohou stát parazity, pak se chovají jako nekrotrofní parazité (*Nectria* spp. a řada dalších rodů a skupin)



Nectria fuckeliana

<http://www.padil.gov.au/>

Houboví parazité rostlin

- vliv na přírodní společenstva omezený
 - x **exotičtí hostitelé, exotičtí parazité, hospodářské porosty**
- díky člověku **kalamitní stavy**:
 - jednodruhové rozsáhlé plantáže (pole, školky, ...)
 - nevhodné podmínky pro pěstování
 - introdukce exotických dřevin (rostlin)
 - introdukce nových patogenů (náhodné, nechtěné)
- nerespektování karantény
- volný pohyb výrobků z přírodnin a surového dřeva
- **palety** a krabice ze dřeva
- ...

Rakovina kůry kaštanovníku (*Chestnut blight*)

Cryphonectria parasitica (Sordariomycetes, Ascomycota) zavlečená z Asie do USA
1900 – 1908 zcela zdecimovala místní *Castanea dentata*

- u „nás“ častá v SR, v ČR jednotlivé nálezy pouze



Nekróza jasanů (*ash dieback*)

- první symptomy v pol. 90. let (Pobaltí, Polsko)
- *Fraxinus excelsior*



Nekróza jasanů (*ash dieback*)

- izolace hub z listů, výhonů, nekrot



Nekróza jasanů (*ash dieback*)

- *Chalara fraxinea* (Pezizomycotina, Kowalski 2006)



Nekróza jasanů (*ash dieback*)

- ověření patogenity
(Kowalski & Holdenrieder 2009)



Fig. 1. Symptom development after inoculation of *Chalara fraxinea* on ash: (a) wilting after 2 months, (b) extended lesion after 2 months, (c) lesion appearing superficially localized after 2 months, (d) same lesion as in c, after removal of the outer bark; (e) extended lesion 12 months after inoculation, note the bark incision (inoculation wound); (f) lamellar discoloration on a lesion; (g) extended lesion which had stopped at the nodium (12 months after inoculation); (h) compartmentalized lesion, 12 months after inoculation.

Nekróza jasanů (*ash dieback*)

- je teleomorfa *Hymenoscyphus albidus*? (Pezizomycotina, Helotiales, Kowalski & Holdenrieder 2009)

- běžný v Evropě, saprotrof (!?)

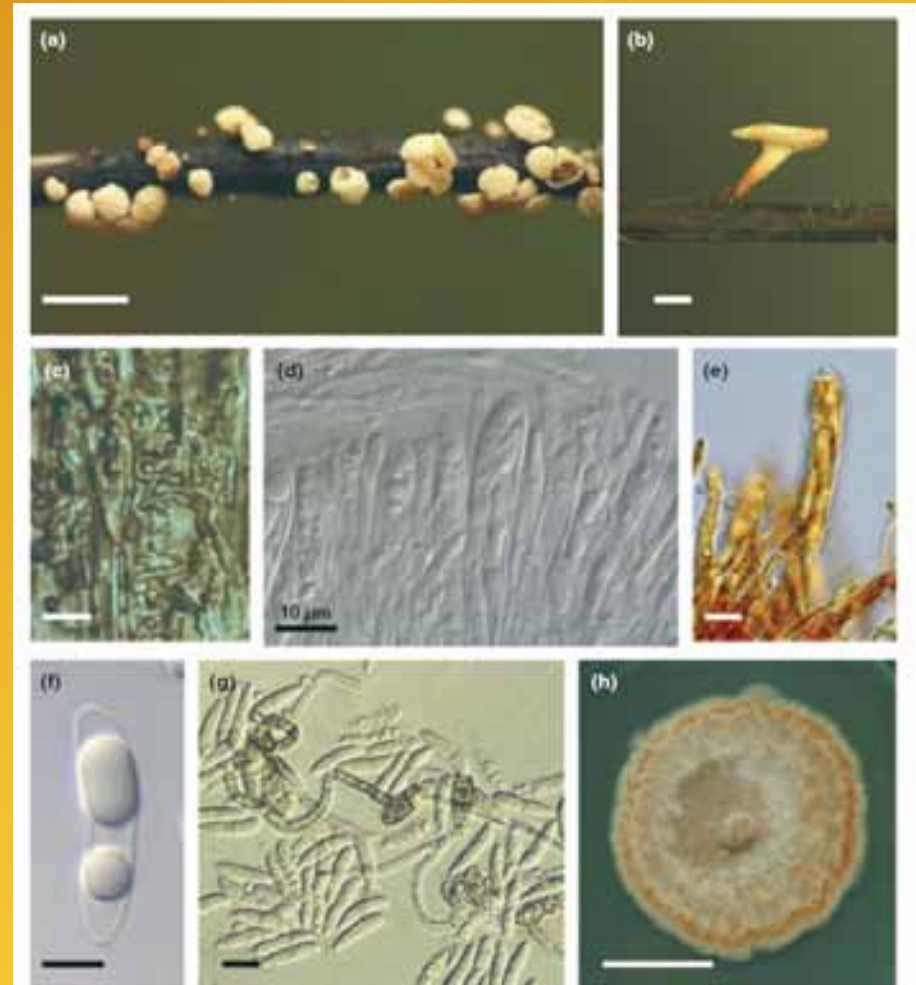
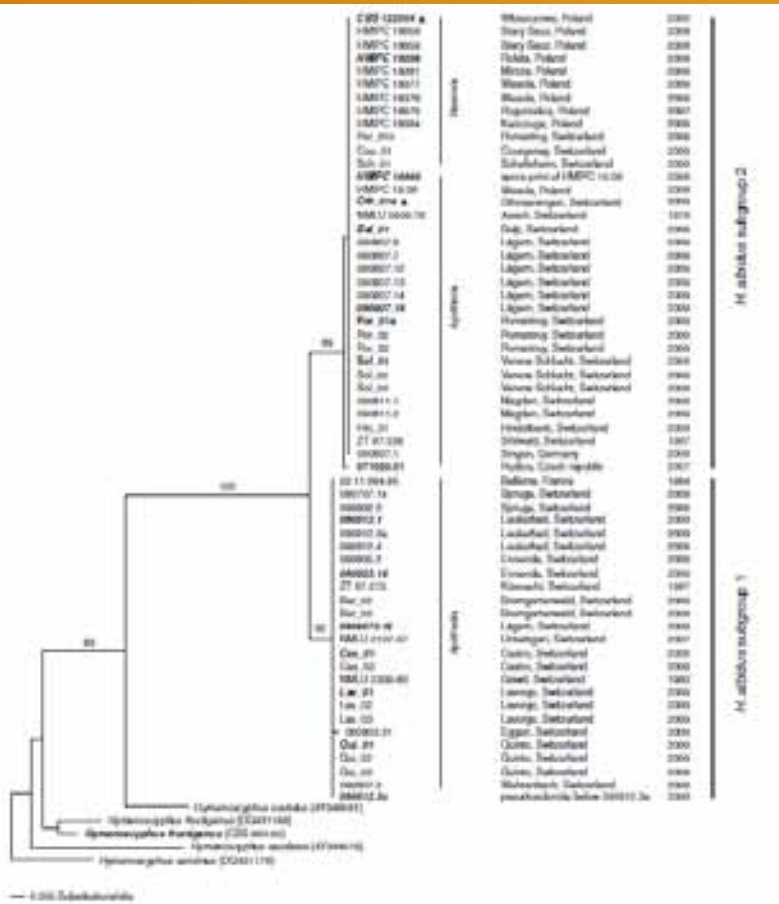


Fig. 1. Morphology of *H. albidus* from Poland. (a) Apothecia on ash petiole (bar = 5 mm); (b) apothecium in side view (bar = 1 mm); (c) pseudosclerotial plate on the substrate surface (bar = 10 μ m); (d) hymenium (bar = 10 μ m); (e) ascus stained in Lugol's solution (bar = 10 μ m); (f) ascospore (bar = 10 μ m); (g) germinating ascospores on MEA (bar = 10 μ m); (h) culture on MEA (bar = 1 cm).

Nekróza jasanů (*ash dieback*)

- nový druh *Hymenoscypha pseudoalbida* (Pezizomycotina, Helotiales, Queloz & al 2010)



parazitický
z plodnic
a nekroz

saprotrofní
z plodnic

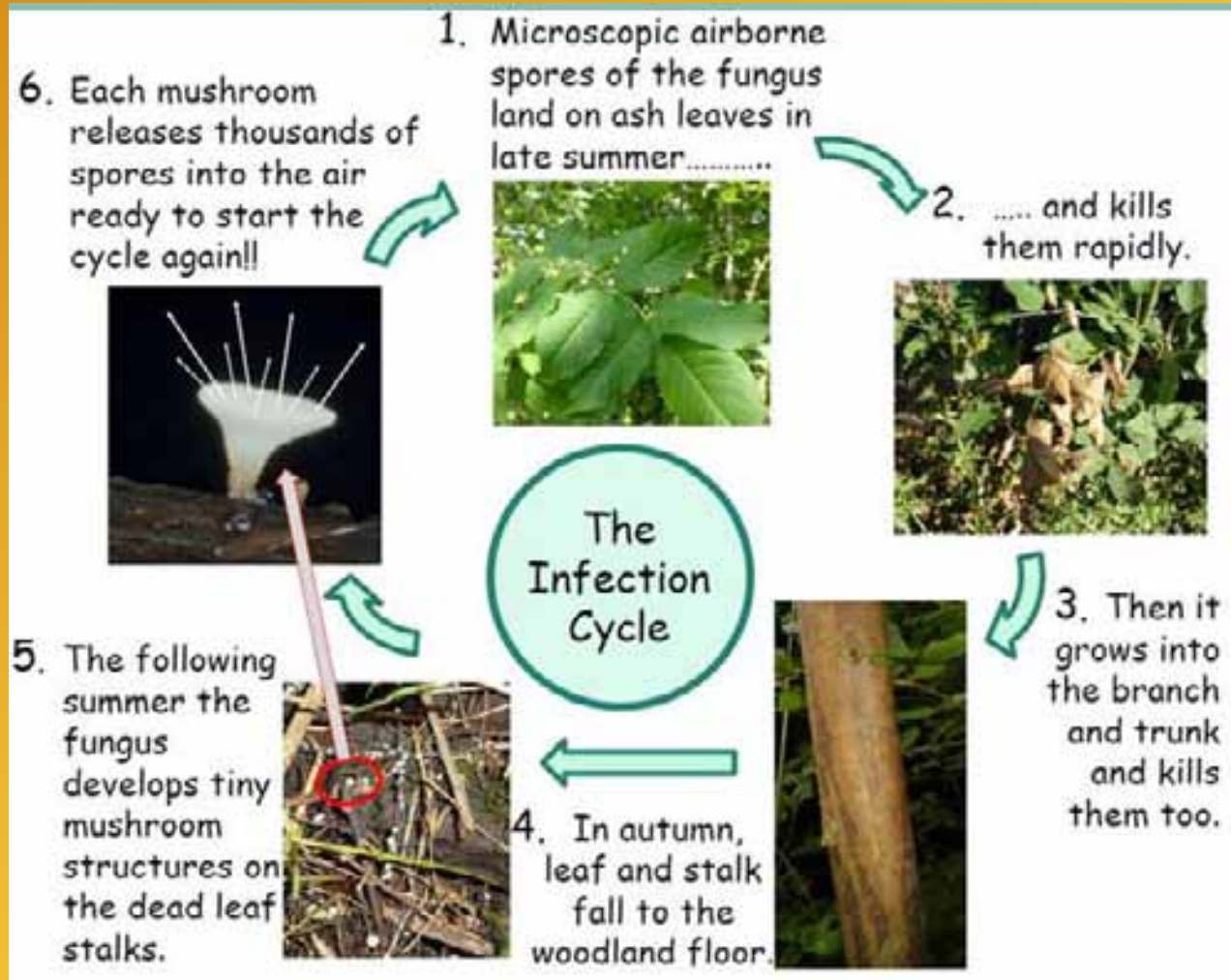
Hymenoscypha pseudoalbida V. Queloz, C.R. Grünig, R. Berndt, T. Kowalski, T.N. Sieber & O. Holdenrieder sp. nov.
Hymenoscypha albidus morphologia similis, sed sequentia nucleotidum valde distinctus, viz. ob 'calmodulin' positiones 37(C), 49 (T), 83(G), 124(A), 127(A), 127(A), 150(C), 163(C), 223(C), 244(C), 247(T), 256(A), 271(A), 278(A), 283(C), 284(T), 347(C), 424(G), 425(A), 439(A), 439(A); translation elongation factor 1- α' positiones 40(A), 67(T), 89(G), 127(C), 143(T), 148(C), 180(C), 189(T), 192(A), 199(C), 211(G), 215(T), 223(T), 230(C), 236(G), 241(G), 260(A), 453(A).
 In petiolis foliorum *Fraxini excelsioris*.
 HOLOTYPE: Switzerland, Othmarsingen, forest site Gölisberg, N 47°23'56.0"/E 08°13'55.0", on rachises of previous year's leaves of *Fraxinus excelsior* within an *Aceri-Fraxinetum* typicum, leg. V. Queloz 21.07.2009 (ZT Myc. 2022).
Hymenoscypha pseudoalbida is morphologically similar to *H. albidus*, but differs in the following fixed nucleotide characters: calmodulin positions 37(C), 49(T), 83(G), 124(A), 127(A), 150(C), 163(C), 223(C), 244(C), 247(T), 256(A), 271(A), 278(A), 283(C), 284(T), 347(C), 424(G), 425(A), 439(A), 439(A); translation elongation factor 1- α' positions 40(A), 67(T), 89(G), 127(C), 143(T), 148(C), 180(C), 189(T), 192(A), 199(C), 211(G), 215(T), 223(T), 230(C), 236(G), 241(G), 260(A), 453(A).



Fig. 1. Phylogenetic relationships within *Hymenoscypha albidus* and among other *Hymenoscypha* species based on DNA sequences of the ITS regions. Strains selected for genotyping (bold; see Fig. 2), type specimens (▲).

Nekróza jasanů (*ash dieback*)

- nový druh *Hymenoscyphus pseudoalbidus* (Pezizomycotina, Helotiales, Queloz & al 2010)



Nekróza jasanů (*ash dieback*)

- invazivní šíření

Fraxinus excelsior
Fraxinus angustifolia
Fraxinus ornus
Fraxinus americana
Fraxinus mandschurica

Cases - 1990s



Cases - 2000-2004

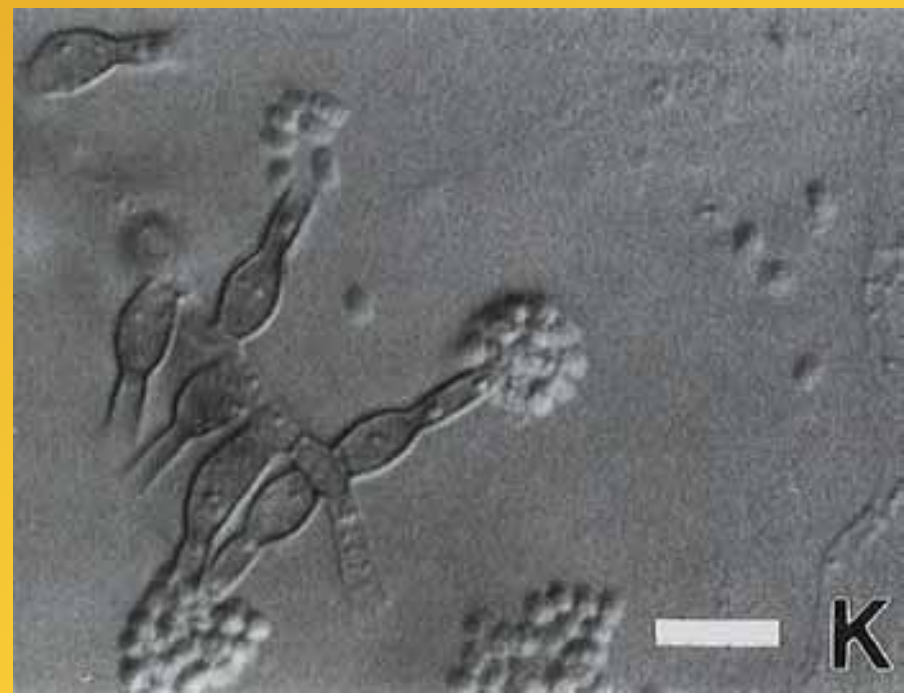
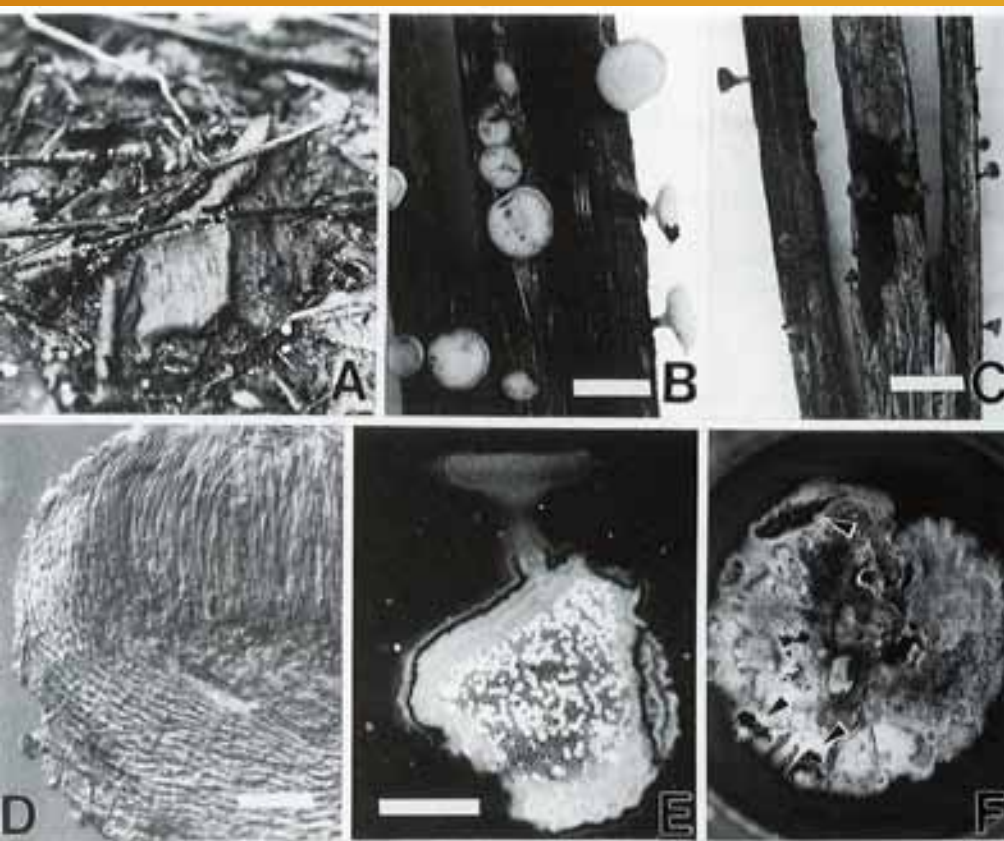


Cases - 2005-present



Nekróza jasanů (*ash dieback*)

- vznik mutací? zkřížením? introdukce?
- introdukce! Z Japonska, z *F. mandshurica*!



Hosoya & al. (1993)!!!

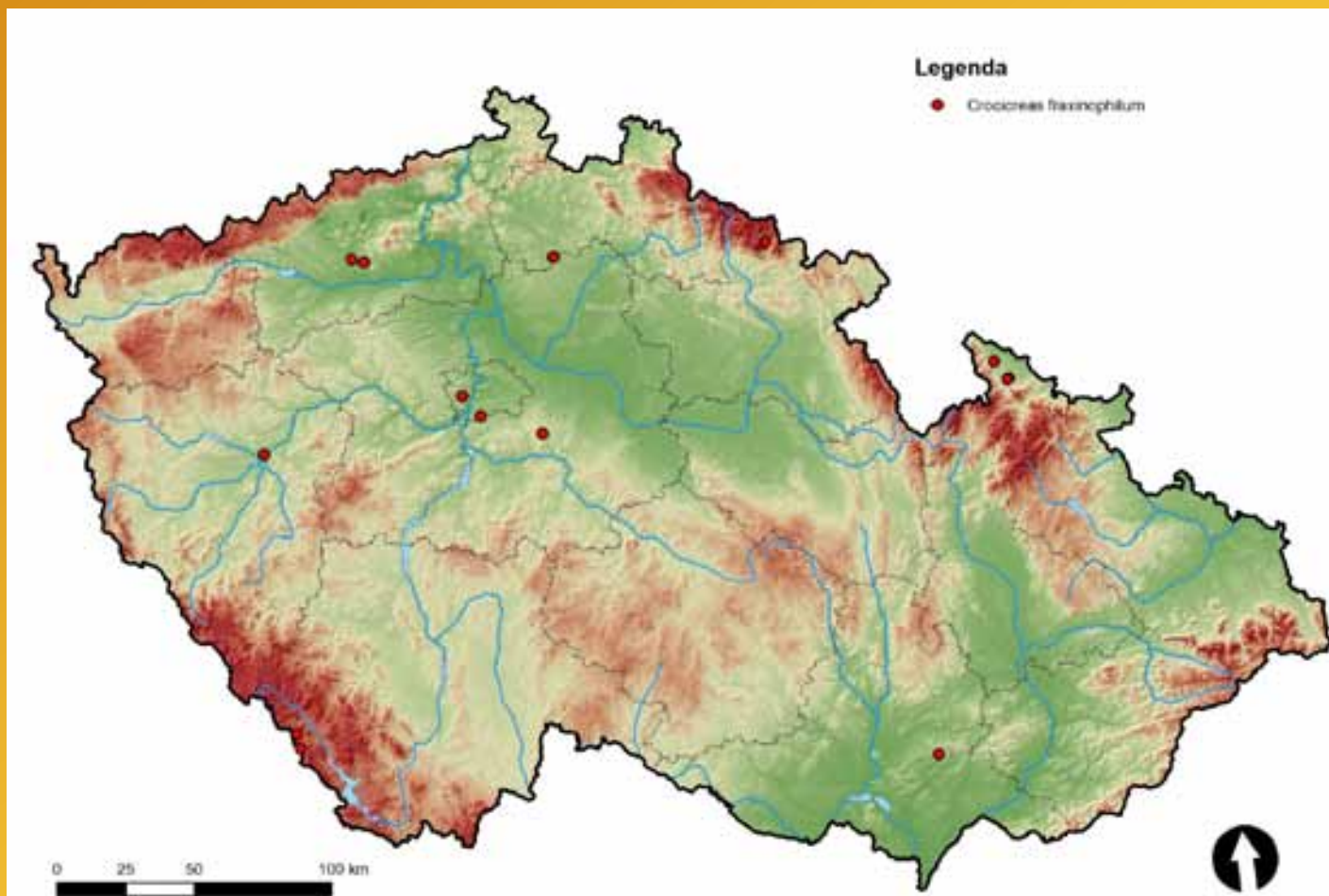
Nekróza jasanů (*ash dieback*)

- ekologické souvislosti = nahrazení a **extinkce** původního *H. albidus*
- *H. albidus* již pouze v Z Francii



Nekróza jasanů (*ash dieback*)

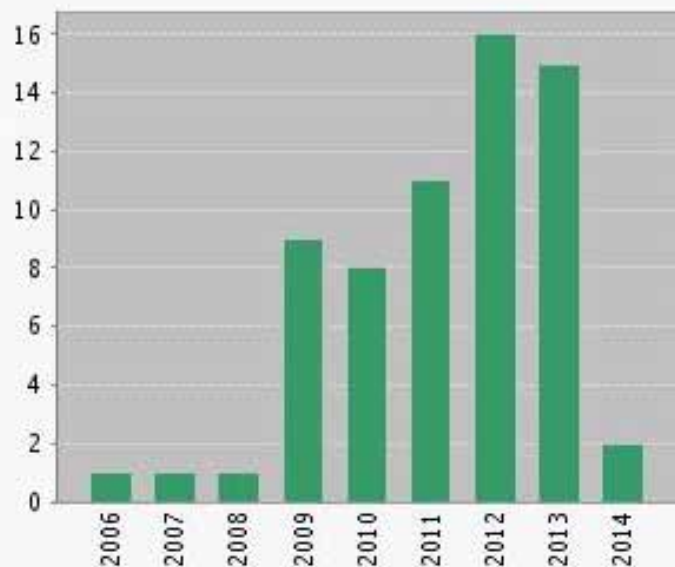
- ekologické souvislosti = nahrazení a **extinkce** původního *H. albidus* i v ČR
x bez vlivu na ostatní Helotiales! (*Crocicreas fraxinophilum*, *C. coronatum*)



Nekróza jasanů (*ash dieback*)

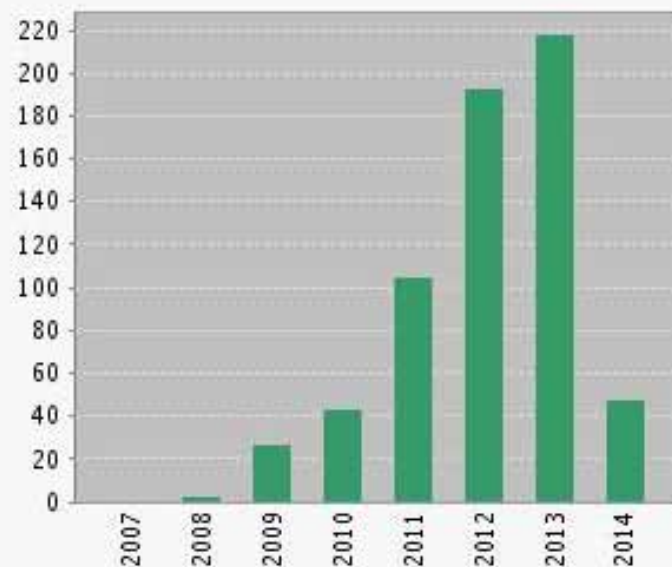
- intenzivní výzkum po celé Evropě

Published Items in Each Year



The latest 20 years are displayed.

Citations in Each Year



The latest 20 years are displayed.

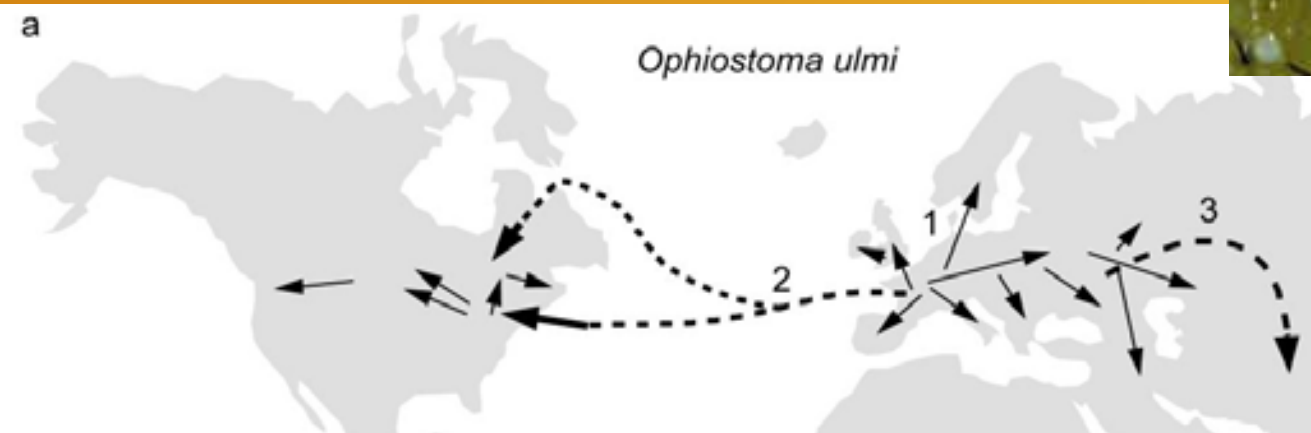
Web of Science, březen 2014

Grafióza jilmů (*dutch elm disease*)

- *Ophiostoma (Graphium) ulmi* (Pezizomycotina)
- (z Asie?) do Evropy kolem r. 1910, likvidace 10 – 40% porostů s jilmý
- přenašeč *Scolytus*



<http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5366740>



Brasier (2001)



<http://www.extension.umn.edu/yardandgarden/YGLNews/YGLNewsJuly12007.html>

Grafióza jilmů (*dutch elm disease*)

- *Ophiostoma novo-ulmi* (Pezizomycotina)
- z V Evropy do celého světa kolem r. 1940, ještě agresivnější
- přenašeč *Scolytus*



Brasier (2001)



Plíseň bramborová (*potato blight*)

Phytophthora infestans (Peronosporomycota)

- příčina hladomoru v Irsku (1845 - 1852) a Skotsku (1846 - 1852)
- třetina lidí závislých na bramborách
- 1 mil. smrt, 1 mil. do USA



<http://botany.upol.cz/atlasysystem/system.php#chromista>



<http://stoneheadcroft.com/2008/08/20/potato-blight-hits-hard/>

Plíseň bramborová (*potato blight*)

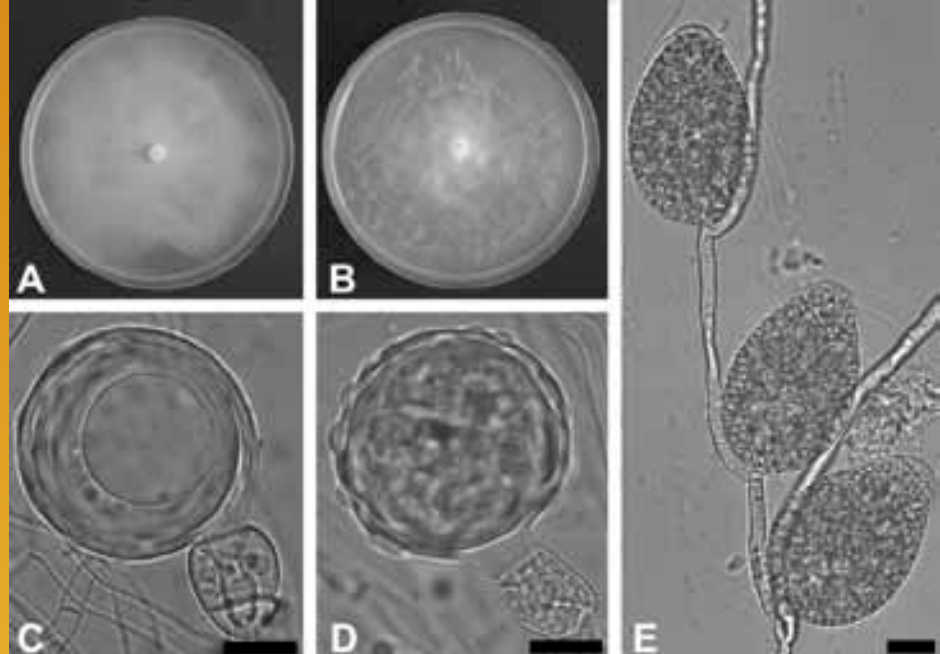
Phytophthora infestans (Peronosporomycota)



Chřadnutí olší

Phytophthora alni (Peronosporomycota)

- odumírání porostů v Evropě



© Karel Černý



Sudden oak death

- *Phytophthora ramorum* (Peronosporomycota) zavlečená nebo původní?
- rozsáhlé kalamity dubů
koncem 90. let v Evropě
a v USA



Sudden oak death

Lifting The Crown

Sudden Oak Death by Lifting the Crown

Words & Music by Browne/Browne

Falling trees their life expunged
Towards Armageddon mankind lunged

Ref: Oh Oh Sudden Oak Death
Oh Oh Sudden Oak Death
Phytophthora ramorum

The great Irish potato famine all over again
Imported species hosting the pathogen

Ref: Oh Oh Sudden Oak Death ...

Desperate solutions with fungicide phosphanate
For camellias and rhododendrons its all too late

Ref: Oh Oh Sudden Oak Death ...

Death Death Death Death
Hate Hate Hate Hate
Phytophthora ramorum

It's all too late
Death Death Death Death
Fate Fate Fate Fate
Phytophthora ramorum
It's all too late

And it's breaking down
And we're breaking down
All breaking down



Rez kávovníková

Hemileia vastatrix (Pucciniomycotina)

- napadá **kávovníky**
(*Coffea* spp.)
- poprvé v Keni 1861
- Srí Lanka 1869
- Afrika a Asie 1920
- nahrazována **čajovníky**
a kaučukovníky



Mykoparazitizmus

- mycelia obou hub jsou vždy v kontaktu
- nejprve rozeznání mycelia hostitele reakcí povrchových **lektinů**
- penetrace nebo apresorium, následuje biotrofní nebo nekrotrofní výživa

Blastocladiomycota

- celkem mnoho, např. *Catenaria allomycis* vs. *Allomyces* sp.

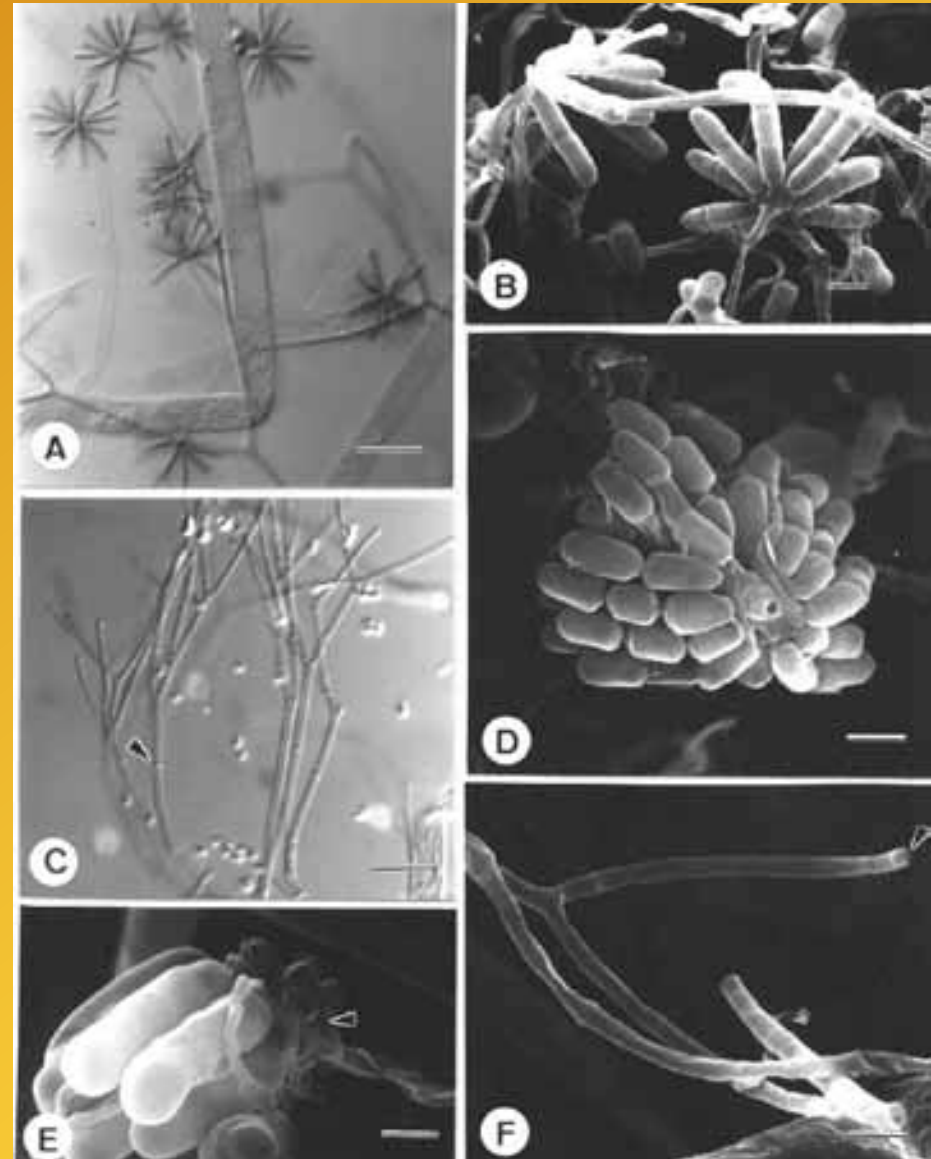
Mykoparazitizmus

Zoopagales (Zygomycota dřívější)

- řada druhů parazituje **biotrofně** na Mucorales, v kultuře obtížně rostou a nesporulují, pokud nemají hostitele, pozitivní chemotropizmus k host. hyfě

Piptocephalis fimbriata

- roste na koprofilních saprotrofech, tj. sám nacházen na výkalech, ale není koprofilní nýbrž parazit



... na myceliu

Pichia guilliermondii (Saccharomycetales)

- nekrotrofní parazit anamorfních askomycetů

Pythium oligandrum (Peronosporomycota)

- útok na hyfy hyfomycetů, velmi rychlý, řádově desítky minut

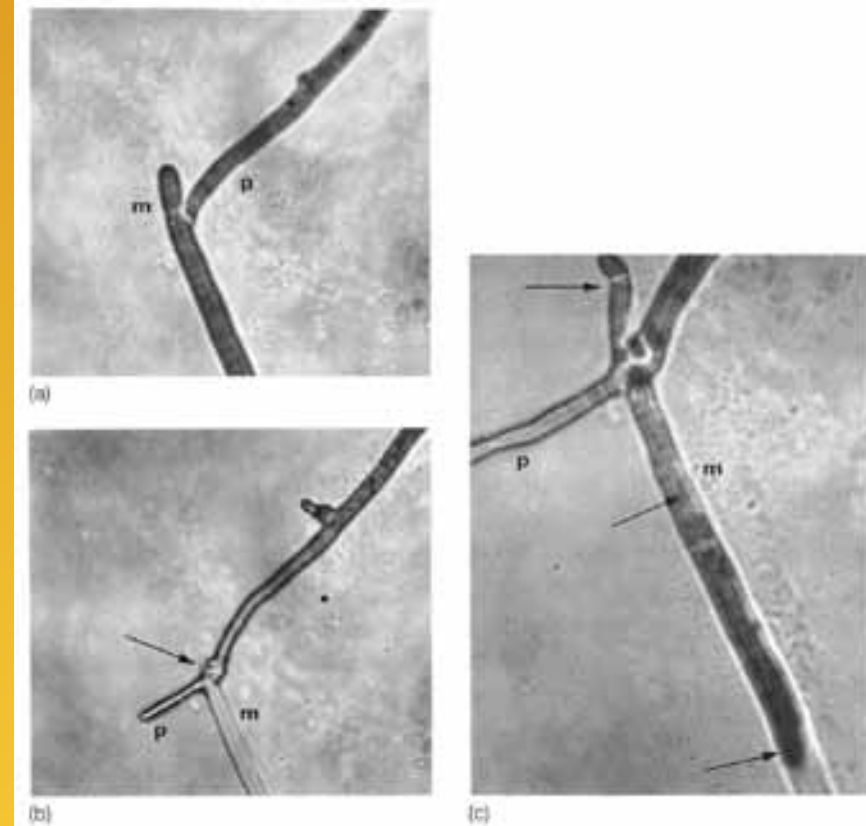


Fig. 10.12 Rapid killing of a hypha of *Mycocentrospora acerina* [m] by *Pythium oligandrum* [p]. [a] Contact between host and mycoparasite, [b] same hyphae 14 minutes later with loss of opacity of host hypha (transparent tip of host hypha arrowed), and continued growth of the mycoparasitic hypha, [c] appearance 70 minutes after contact with *Pythium oligandrum* producing side branches [arrowed] within the host hypha [from Lutchmeah & Cooke, 1984, © British Mycological Society].

Cooke & Whipps 1993

... na plodnicích

Boletus parasiticus vs. *Scleroderma citrinum*



http://www.messiah.edu/Oakes/fungi_on_wood/puffball/species%20pages/Scleroderma%20citrinum.htm



Cordyceps ophioglossoides
vs. *Elaphomyces granulatus*

http://grzyby.strefa.pl/Cordyceps_ophioglossoides.html

... na plodnicích

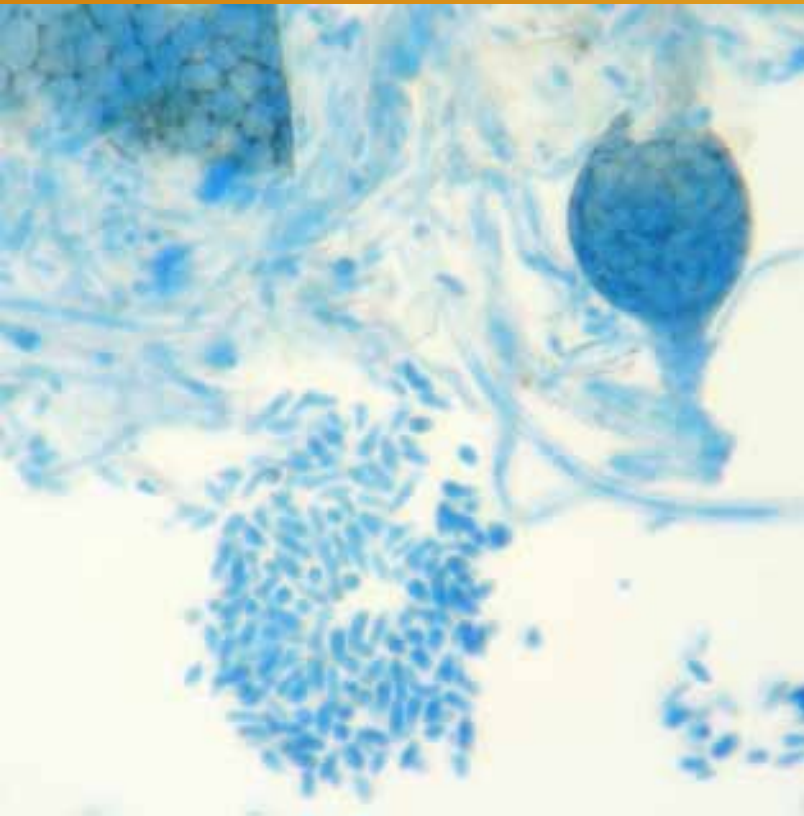
Spinellus fusiger

vs. *Mycena* sp.



Hyperparazité

- parazité parazitů, může být i sám parazitován
(*Viscum album* – *Sphaeropsis viscii*)
- parazité **sekundární, terciární, ...**



Ampelomyces quisqualis

hyperparazit na padlí

http://www.discoverlife.org/mp/20p?see=I_MWS61387&res=640

Sphaerellopsis filum

v urédii ***Melampsora* sp.**

<http://www.forst.uni-muenchen.de/EXT/LST/BOTAN/LEHRE/PATHO/PILZ/DARLUCA/darluca.html>

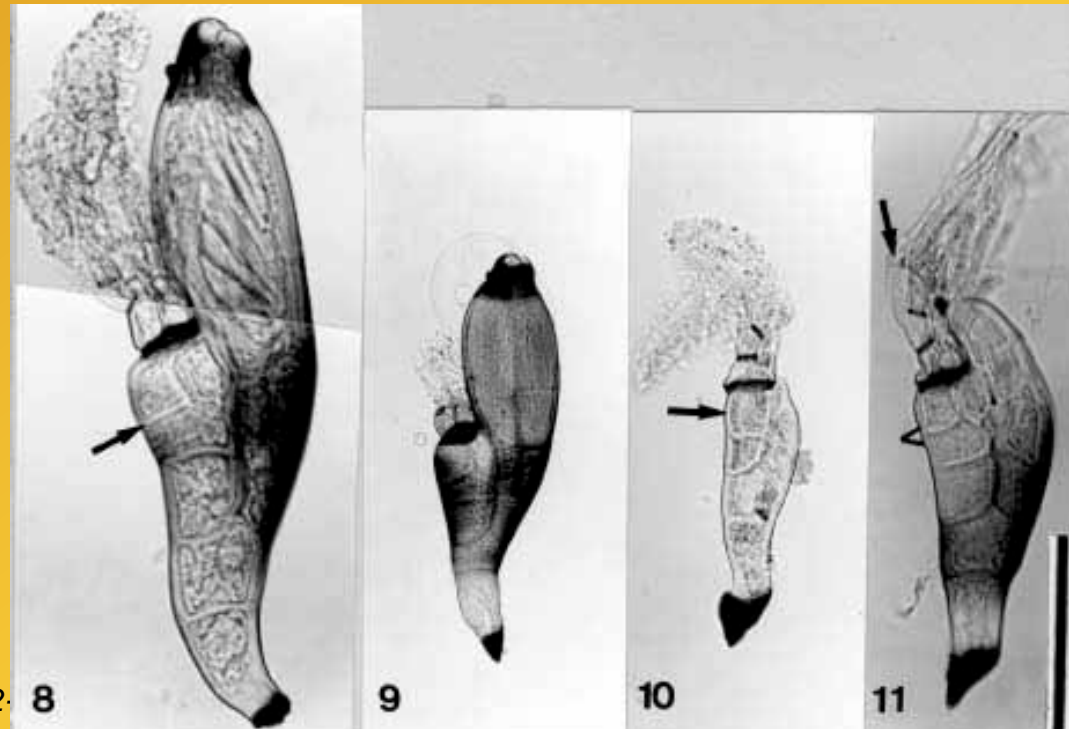


Parazité živočichů

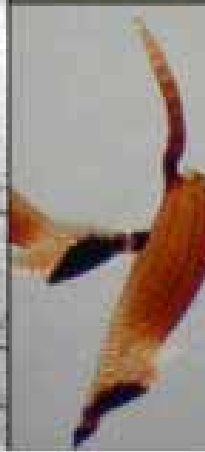
- houby mohou napadat **povrch** nebo **vnitřek** organismů
- nutné překonat buď chitinovou kutikulu nebo epidermis
- uvnitř nutnost vyrovnat se s imunitním systémem, pufrovat pH, ...
- velký význam při regulace populací hostitelů (v přírodě i při využití k hubení škůdců)

Laboulbeniomycetes (Ascomycota)

- **obligátní** slabí parazité členovců
- úzká vazba často na druh hostitele



Laboulbenia olivacea



<http://classes.plantpath.wsu.edu/plp521/>

<http://eo.wikipedia.org/wiki/Laboulbeniomyces>

Parazité živočichů

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

Entomophthoromycotina (dříve Zygomycota)

- parazité obligátní i saprotrofové

Entomophthora muscei
- vystřelovaná sporangia
= aktivní šíření na další mouchy



E. grylli
- sarančata



<http://spatafora.science.oregonstate.edu/images/random/Entomophthora%20sp.JPG>

Parazité živočichů

Hypocreales (Sordariomycetes, Ascomycota)

Cordyceps spp.

- těžiště diverzity v tropech

- napadají larvy v zemi, nebo **živé jedince**
= *summit disease*

http://www.metacafe.com/watch/331826/ant_fungus/

C. lloydii



C. dipterigina



<http://www.utexas.edu/courses/zoo384l/sirena/species/fungi/>

C. militaris <http://www.aphotofungi.com/page25.html>

Parazité obratlovců

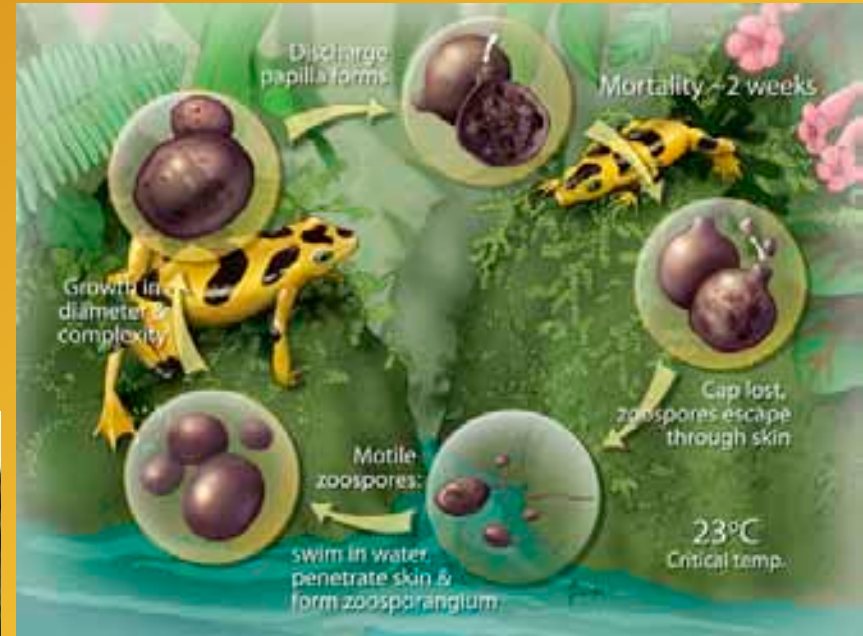
Batrachochytrium dendrobatidis (Chytridiomycota)

- globální masivní **vymírání obojživelníků**
- oteplování ovlivňuje šíření
- **keratinofilní**, v pokožce



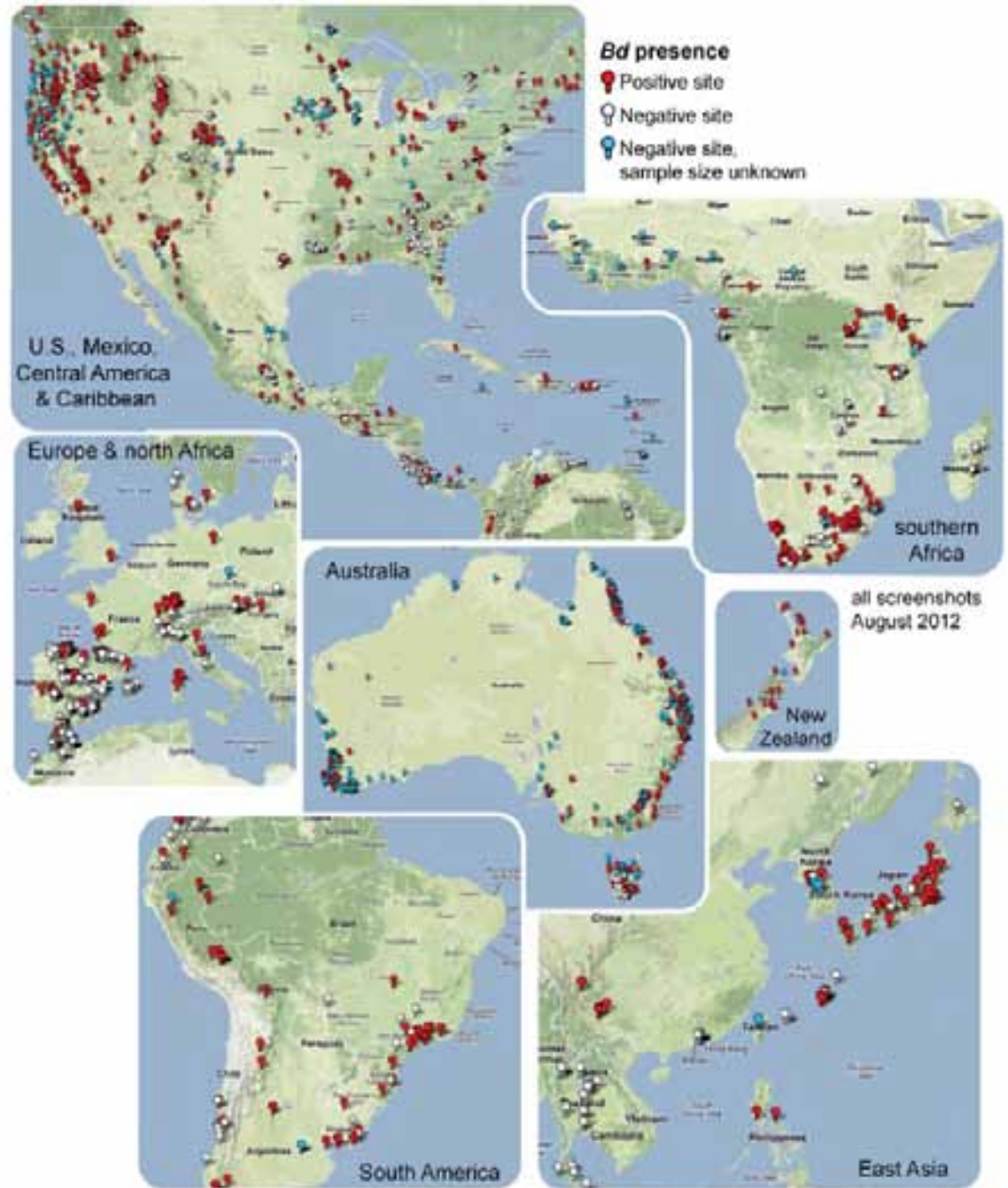
© Joel Sartore (IUSA)

<http://www.habitatadvocate.com.au/?tag=batrachochytrium-dendrobatidis>



Parazité obratlovců

Batrachochytrium dendrobatidis



Olson & al. (2013)

Figure 1. Global distribution of the amphibian chytrid fungus, *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd). Maps downloaded from www.Bd-maps.net (15 August 2012): Bd-positive (red) and Bd-negative (white, blue) sites are shown. doi:10.1371/journal.pone.0056802.g001

Parazité obratlovců

Batrachochytrium salamandrivorans (Chytridiomycota)

- objeven a popsán 2013
- nižší teplotní optimum
- letální pro mloky skvrnité
- v Evropě!

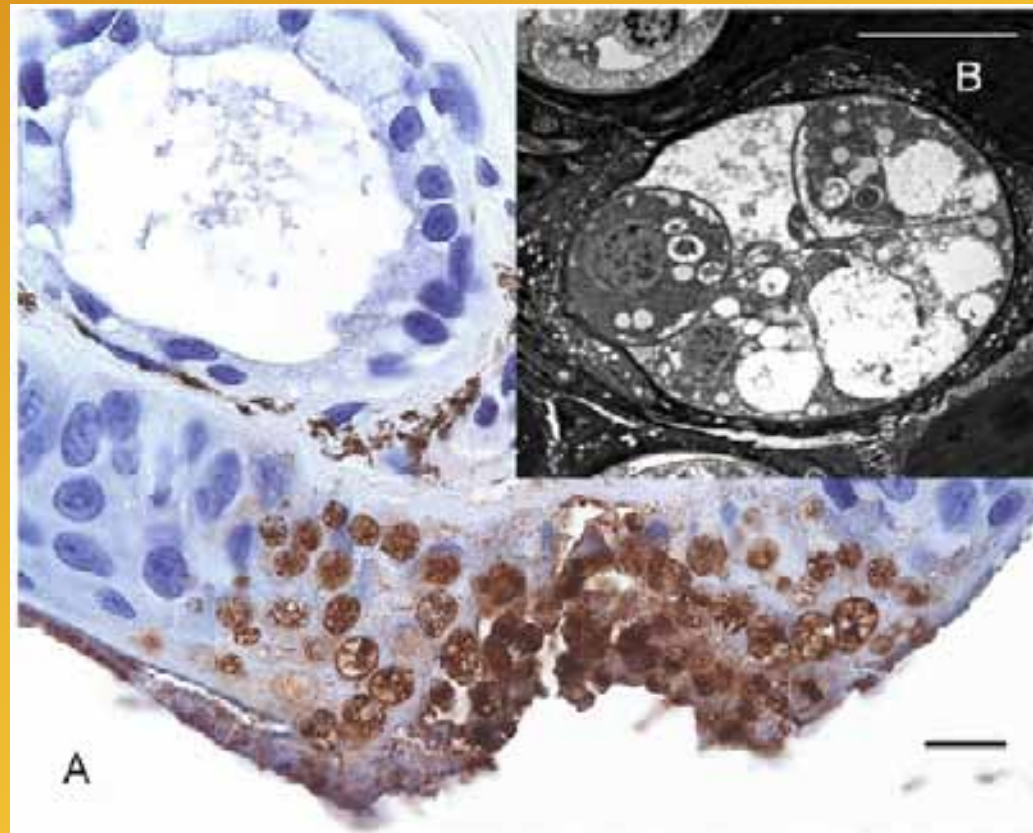
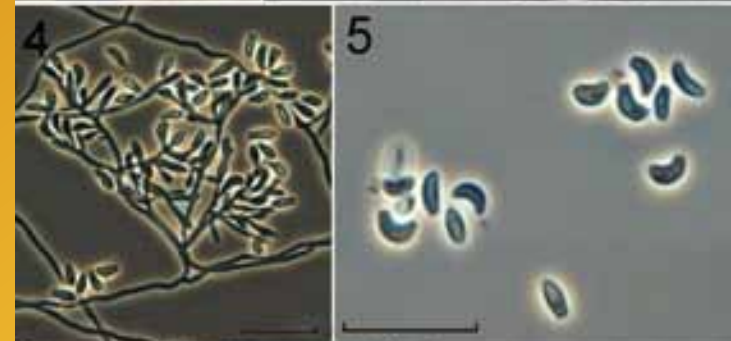


Fig. 3. Microscopy of the skin of a fire salamander that died due to infection with *B. salamandrivorans*. (A) Immunohistochemical staining of a 5-µm skin section. Intracellular colonial thalli abound throughout all epidermal cell layers and are associated with erosive lesions. (Scale bar, 20 µm.) (B) Transmission electron microscopy picture of an intracellular colonial thallus of *B. salamandrivorans* inside a keratinocyte (Scale bar, 4 µm.)

White nose syndrom

Pseudogymnoascus (Geomyces) destructans
(Pezizomycotina)

- zimující netopýři
- předčasně probuzení = vyčerpání a smrt
- **keratinofilní** a **psychrofilní**



© Kubátová & Koukol (2011)

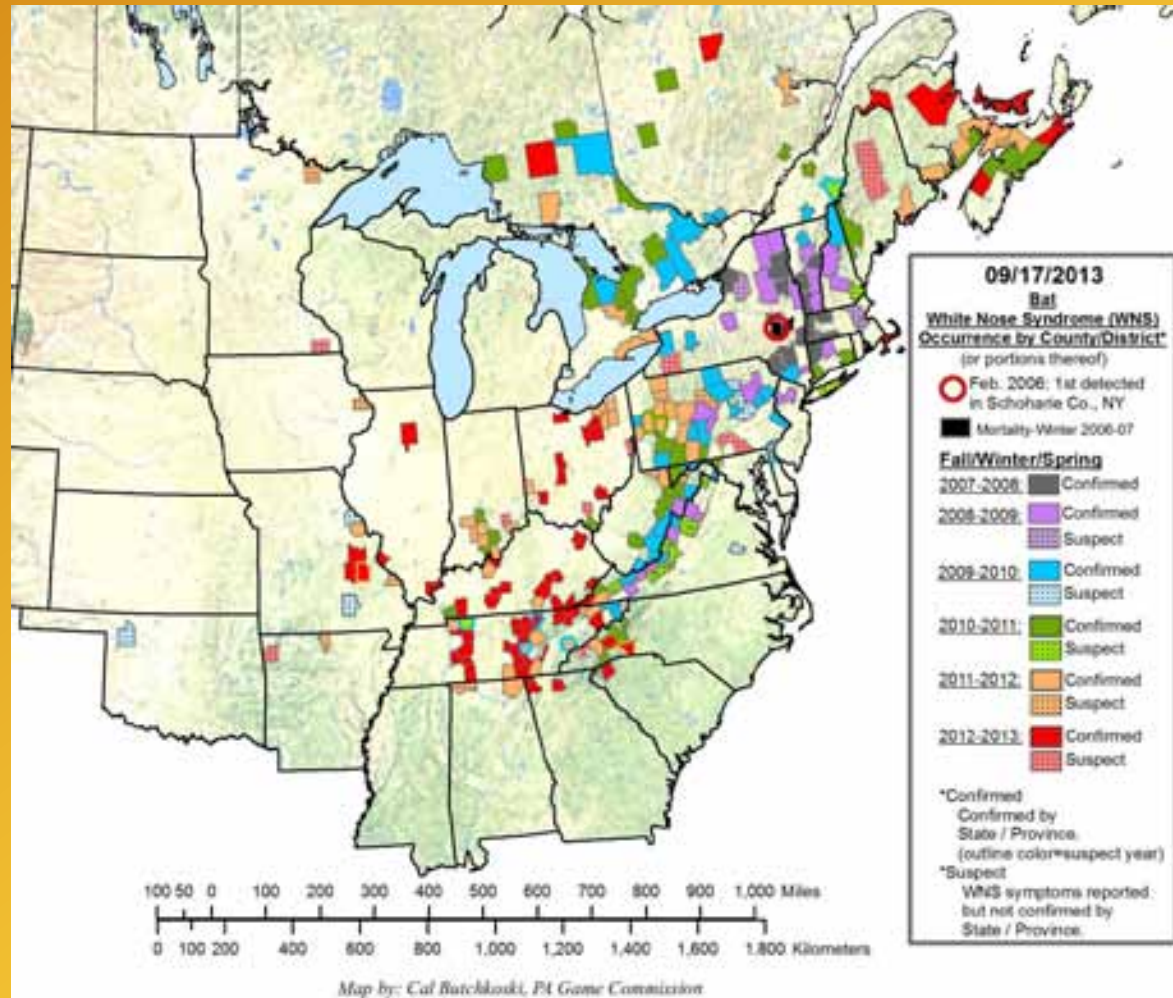


napadení netopýři *Myotis myotis*,
Býčí skála, 2010

White nose syndrom

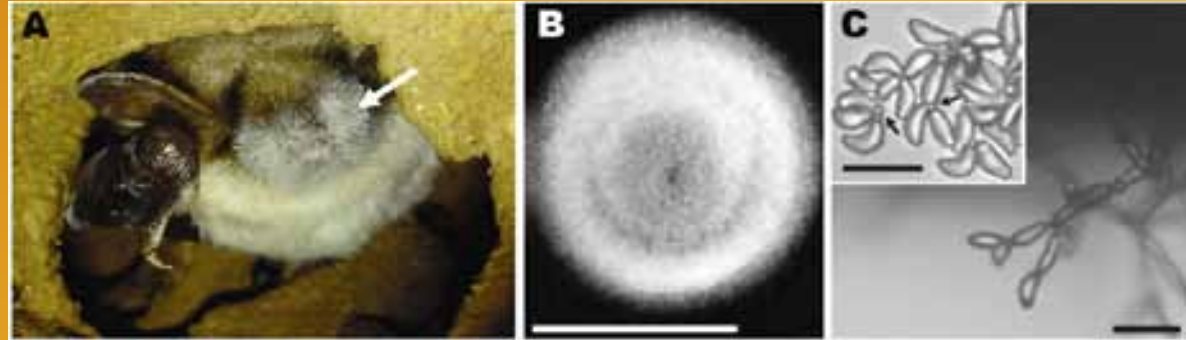
Pseudogymnoascus (Geomyces) destructans
(Pezizomycotina)

- obří kolonie v jeskyních v USA



White nose syndrom

- boltce, blány, čenich



Puechmalle & al. (2010)

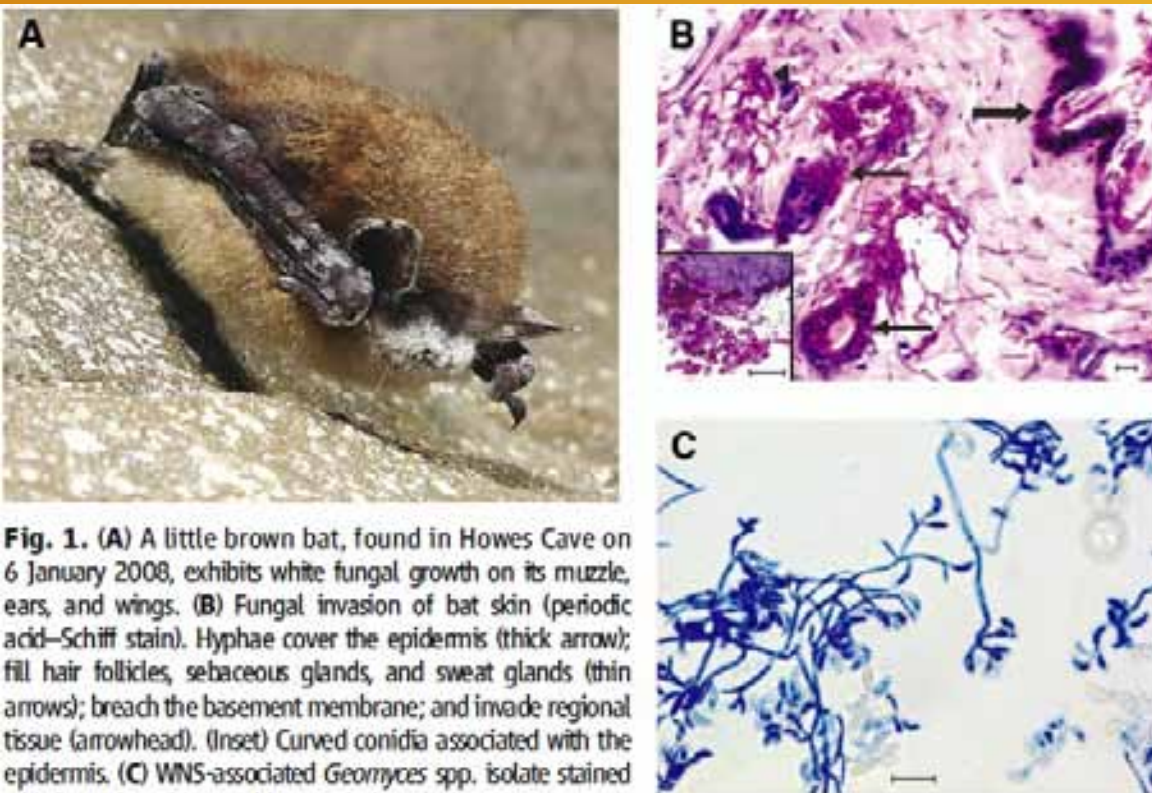


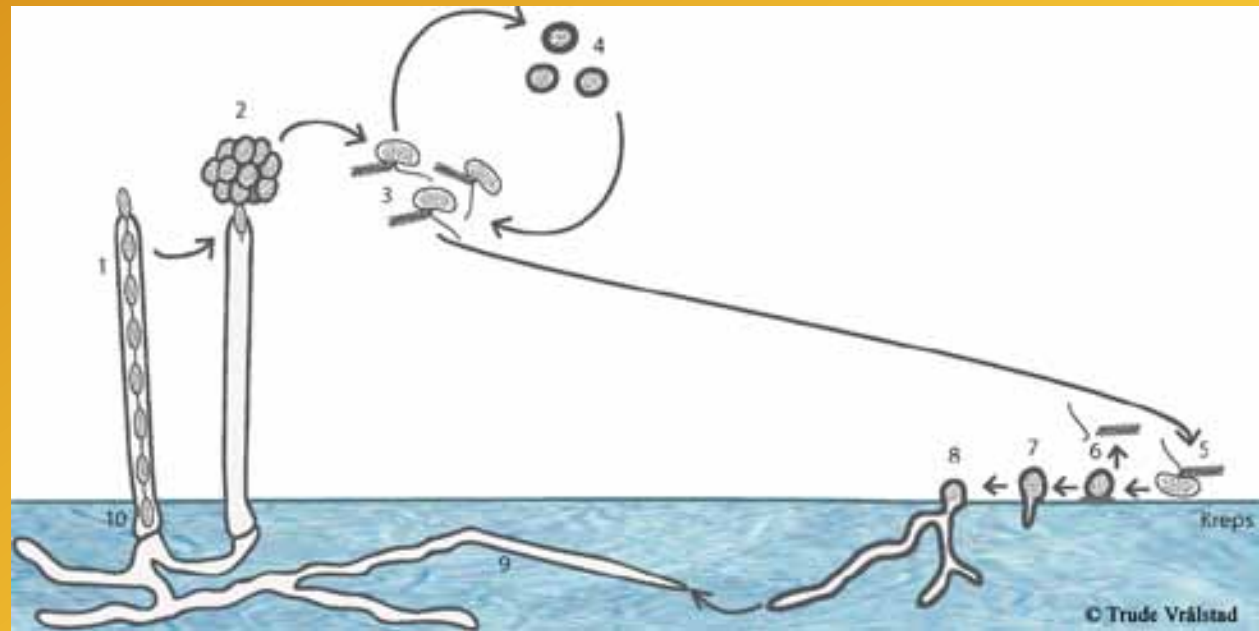
Fig. 1. (A) A little brown bat, found in Howes Cave on 6 January 2008, exhibits white fungal growth on its muzzle, ears, and wings. (B) Fungal invasion of bat skin (periodic acid–Schiff stain). Hyphae cover the epidermis (thick arrow); fill hair follicles, sebaceous glands, and sweat glands (thin arrows); breach the basement membrane; and invade regional tissue (arrowhead). (Inset) Curved conidia associated with the epidermis. (C) WNS-associated *Geomyces* spp. isolate stained with lactophenol cotton blue. Scale bars indicate 10 μ m.

Blehert & al. (2009) – Science!

Parazité živočichů

Aphanomyces astaci (Peronosporomycota)

- z USA zavléčen do Evropy, likviduje místní populace raků



Parazité a lidská činnost

Invasive Species Specialist Group (ISSG)

- součást IUCN



100 OF THE WORLD'S WORST INVASIVE ALIEN SPECIES

MICRO-ORGANISM

avian malaria (*Plasmodium relictum*)
banana bunchy top virus (*Banana bunchy top virus*)
rinderpest virus (*Rinderpest virus*)

MACRO-FUNGI

chestnut blight (*Cryphonectria parasitica*)
crayfish plague (*Aphanomyces astaci*)
Dutch elm disease (*Ophiostoma ulmi*)
frog chytrid fungus (*Batrachochytrium dendrobatidis*)
phytophthora root rot (*Phytophthora cinnamomi*)

AQUATIC PLANT

caulerpa seaweed (*Caulerpa verticillata*)
common cord-grass (*Spartina anglica*)
wakame seaweed (*Undaria pinnatifida*)
water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)

LAND PLANT (CONTINUED)

Starr weed (*Chromolaena odorata*)
strawberry guava (*Psidium cattleianum*)
tamarisk (*Tamarix ramoulisima*)
wedelia (*Sphagnetocola arillobata*)
yellow Himalayan raspberry (*Rubus ellipticus*)

AQUATIC INVERTEBRATE

Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)
comb jelly (*Membranipora leidyi*)
fish hook flea (*Cercopagis pengo*)
golden apple snail (*Pomacea canaliculata*)
green crab (*Carcinus maenas*)
marine clam (*Patinopecten yessoensis*)
Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*)
Northern Pacific seastar (*Asterias amurensis*)
zebra mussel (*Dreissena polymorpha*)

FISH (CONTINUED)

Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*)
Nile perch (*Lates niloticus*)
rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)
walking catfish (*Catpis batrachus*)
Western mosquitto fish (*Gambusia affinis*)

BIRD

Indian myna bird (*Acridothera tristis*)
red-vented bulbul (*Pycnonotus cafer*)
starling (*Sterna vulgaris*)

REPTILE

brown tree snake (*Bungarus tigris*)
red-eyed slider (*Trachemys scripta*)

MAMMAL

Top 100 (2000)

Výskyt hub a lidská činnost

Autochtonní („*native*“, původní)

- přirozené na substrátu, habitatu, na daném území
x alochtonní s.s.

Lidskou činností („*introduced*“, nepůvodní, zavlčené)

- ECM, spolu se semenáčky introdukovaných dřevin
Hydnangium carneum + *Eucalyptus* spp.
z Austrálie při výsadbách ve Španělsku



<http://forum.funghiitaliani.it/index.php?showtopic=17141>

Amanita muscaria na Novém Zélandu



- tvoří mykorrhizu s *Nothofagus* sp.

http://www.treesforlife.org.uk/forest/photo/fantastic_fungi.html

Výskyt hub a lidská činnost

Lidskou činností

Amanita phalloides

- původní v Evropě, introdukovaná na V pobřeží Severní Ameriky, do Jižní Ameriky, Austrálie, na Nový Zéland



<http://www.kuleuven-kortrijk.be/facult/wet/biologie/pb/kulakbiocampus/paddestoelen/groene%20knolamaniet.htm>

Výskyt hub a lidská činnost

Lidskou činností

Favolaschia calocera

- na Novém Zélandu z Madagaskaru, už i v Evropě (Itálie),
- hrozí, že vytlačí místní dřevokazné druhy!



Výskyt hub a lidská činnost

Lidskou činností

Clathrus archeri

v Evropě z Austrálie (ptáci? letecká doprava? vojáci z WWII.?)



http://nature.hyperlink.cz/flora/photos/Clathrus_archeri_2.jpg



http://cs.wikipedia.org/wiki/Kv%C4%9Btatec_Archer%C5%AFv

Výskyt hub a lidská činnost

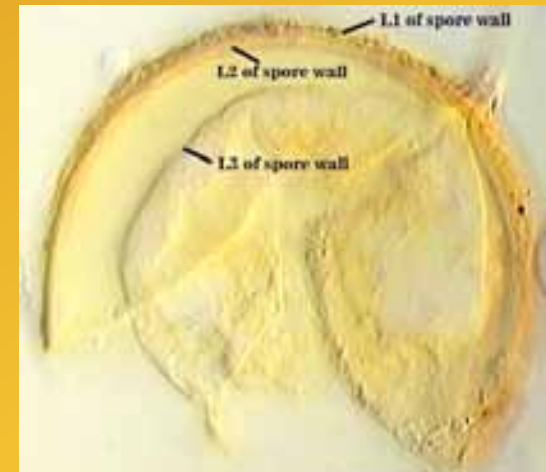
Lidskou činností

- AM na výsypkách, při rekultivaci erodovaných oblastí (*Glomus claroideum*)



Olea europaea* subsp. *sylvestris

<http://www.sumfak.hr/~botanika/projekt00237/Oleasylyvestris.htm>



***Glomus claroideum* spora**

<http://invam.caf.wvu.edu/fungi/taxonomy/Glomaceae/Glomus/claroideum/claroideum.htm>

Predátoři, nematofágní houby



hele, nevim, co po nás de,
ale vsadil bych si, že nějaká
Dactylellina

klídek, ta má jen fixní oka

hlavně, ať to není
Drechslerella se
stahujícími oky

○
○
○

Predátoři

Koho lovit?

- háďátka (Nematoda)
- vířníky (Rotifera)
- **chvostoskoky (Arthropoda)**

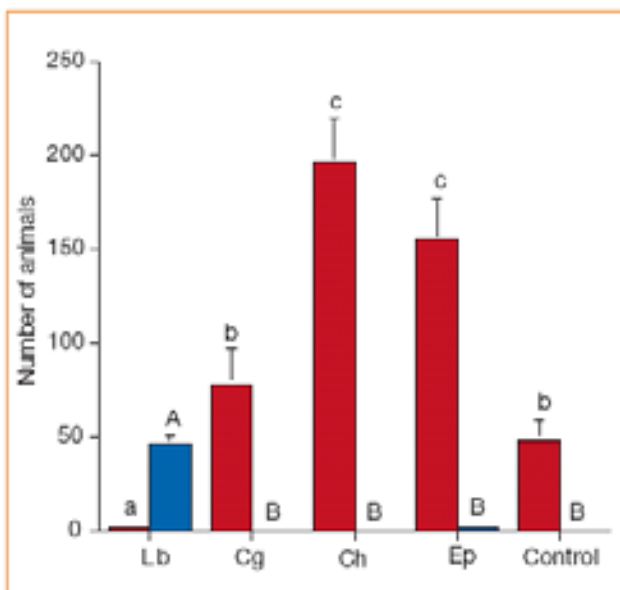


Figure 1 Predation on animals by an ectomycorrhizal fungus. Effect of different soil fungi on the survival of springtails is shown where 'Lb' and 'Cg' represent the ectomycorrhizal fungi *Laccaria bicolor* and *Cenococcum geophilum*, respectively, which are associated with the tree roots of *Pinus strobus*; Ch, *Cladonia herbarum* and Ep, *Epicoccum purpurascens*, both saprobes; control, no fungus. All organisms were collected from a forest dominated by *P. strobus* in Ontario, Canada. Experimental units consisted of a single fungus growing on nutrient agar in Petri dishes. Fifty springtails placed on the fungal cultures were predated for two weeks at 20 °C and the number of living (red bars) and dead (blue bars) springtails then recorded. Animals were dissected and analysed for internal hyphal infection. Lettering above bars represents differences at the significance level $P < 0.05$ following a Tukey *post-hoc* test; $n = 10$. Error bars represent 1 s.e.

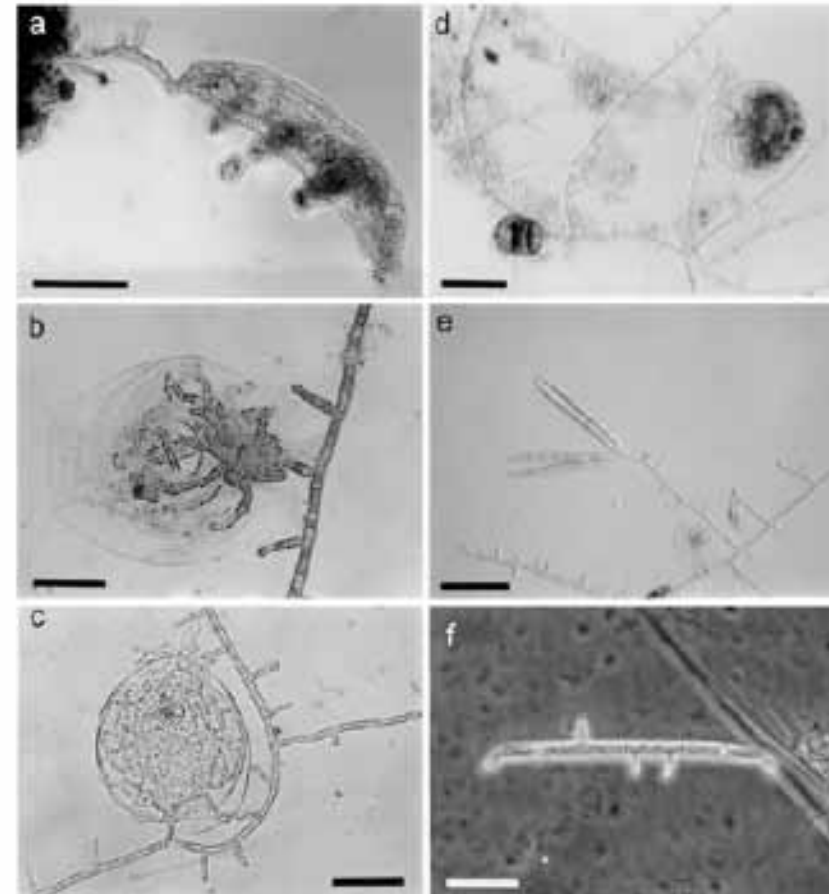


Predátoři

Koho lovit?

- háďátka (Nematoda)
- vířníky (Rotifera)
- chvostoskoky (Arthropoda)

Fig. 2a-f. *Lecophagus antarcticus* sp. nov. a Adhesive peg having just captured *Acanthocyclops antarcticus* (phase contrast) (*bar* = 100 μ m). b Assimilative hyphae (stained with iodine) inside captured bdelloid rotifer (*bar* = 50 μ m). c Assimilative hyphae (stained with iodine) inside captured bdelloid rotifer, plus vegetative hyphae and adhesive pegs (*bar* = 100 μ m). d Vegetative hyphae showing adhesive pegs, captured bdelloid rotifers and remains of previously assimilated rotifer (Differential Interference Contrast *DIC*) (*bar* = 100 μ m). e Cluster of conidia borne at the end of vegetative hyphae (*DIC*) (*bar* = 100 μ m). f Germinating conidium with adhesive pegs (phase contrast) (*bar* = 50 μ m)



Polar Biol (2003) 26: 79–82
DOI 10.1007/s00300-002-0445-9

ORIGINAL PAPER

Sandra J. McInnes

A predatory fungus (Hyphomycetes: *Lecophagus*) attacking Rotifera and Tardigrada in maritime Antarctic lakes

Nematofágní houby

Proč hád'átka?

- v půdě, na opadu a tlejícím dřevě tvoří často nejpočetnější a druhově nejbohatší skupinu bezobratlých

Jak je lovit?

- spoustu druhů **pastí, návnad, sítí a lapačů**
 - produkovány houbou spontánně i v čisté kultuře nebo pouze v přítomnosti hád'átka, tj. po **chemické indukci**
 - pasti mohou vylučovat **chemické atraktanty** pro hád'átka
 - před mechanickým vstupem hyfy do hád'átka často houba vypouští **toxiny** a narkotizační látky pro znehybnění kořisti
- i jiné houby se mohou přiživit na znehybněných hád'átkách

Nematofágní houby

Mechanizmy lapání

- zachycení na povrchu návnady a pastí díky povrchovým proteinům, **lektinům**
- u *Arthrobotrys oligospora* se váží na *N*-acetylgalaktozamin (kutikula hád'átka často obsahuje galaktózu)
- pomocné nespecifické **adhezivní látky**
- sacharidové řetězce nespecifické, takže je možné, že se do pastí chytají i kvasinky = blokují je

Nematofágní houby

Koho lovit?

- nízká specificita (např.
Zoophagus pectosporus
Zoopagales, Zoopagomycotina)

x výběr např. v rámci čeledě háďátek
Monacrosporium ellipsosporum
(**Orbiliales**, Ascomycota)

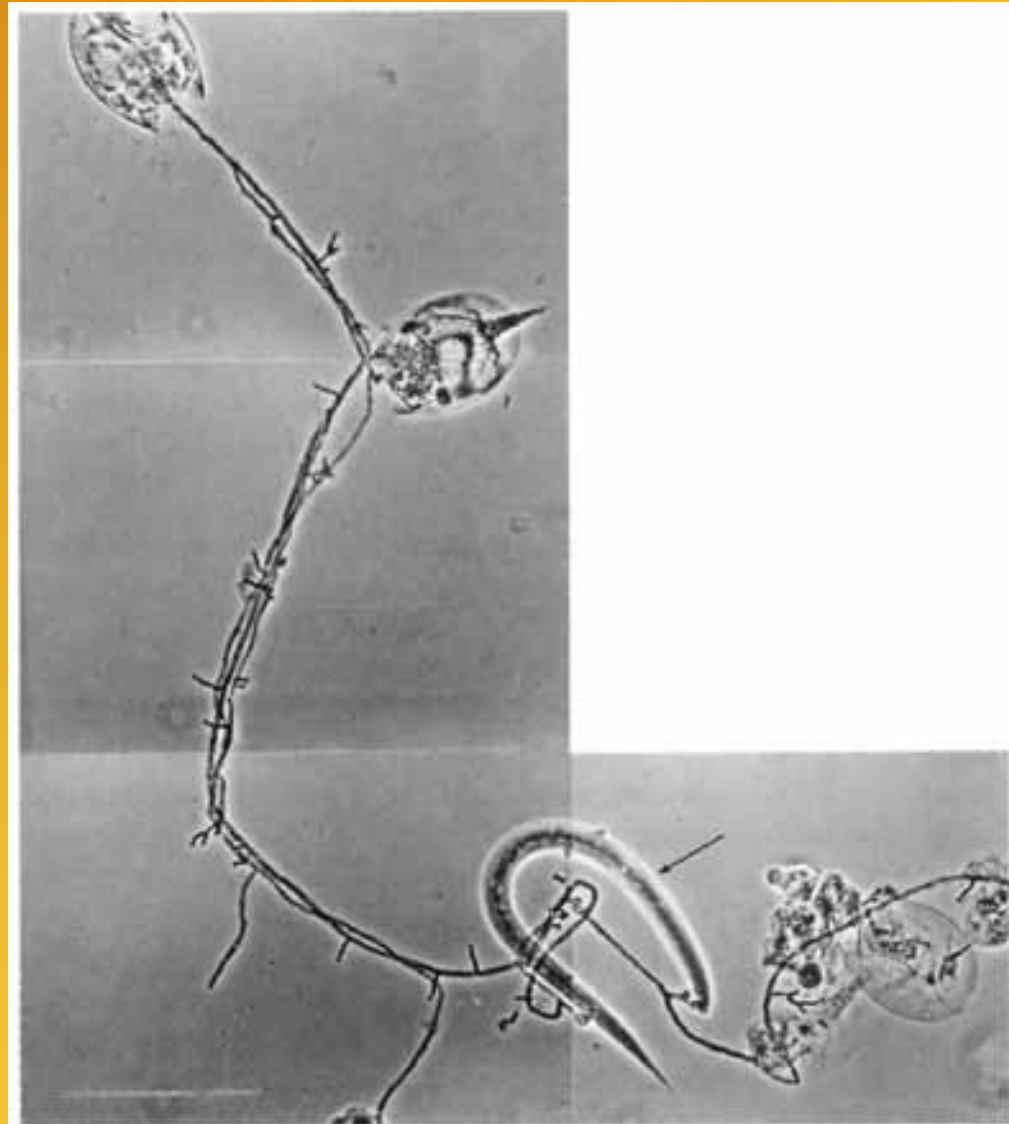
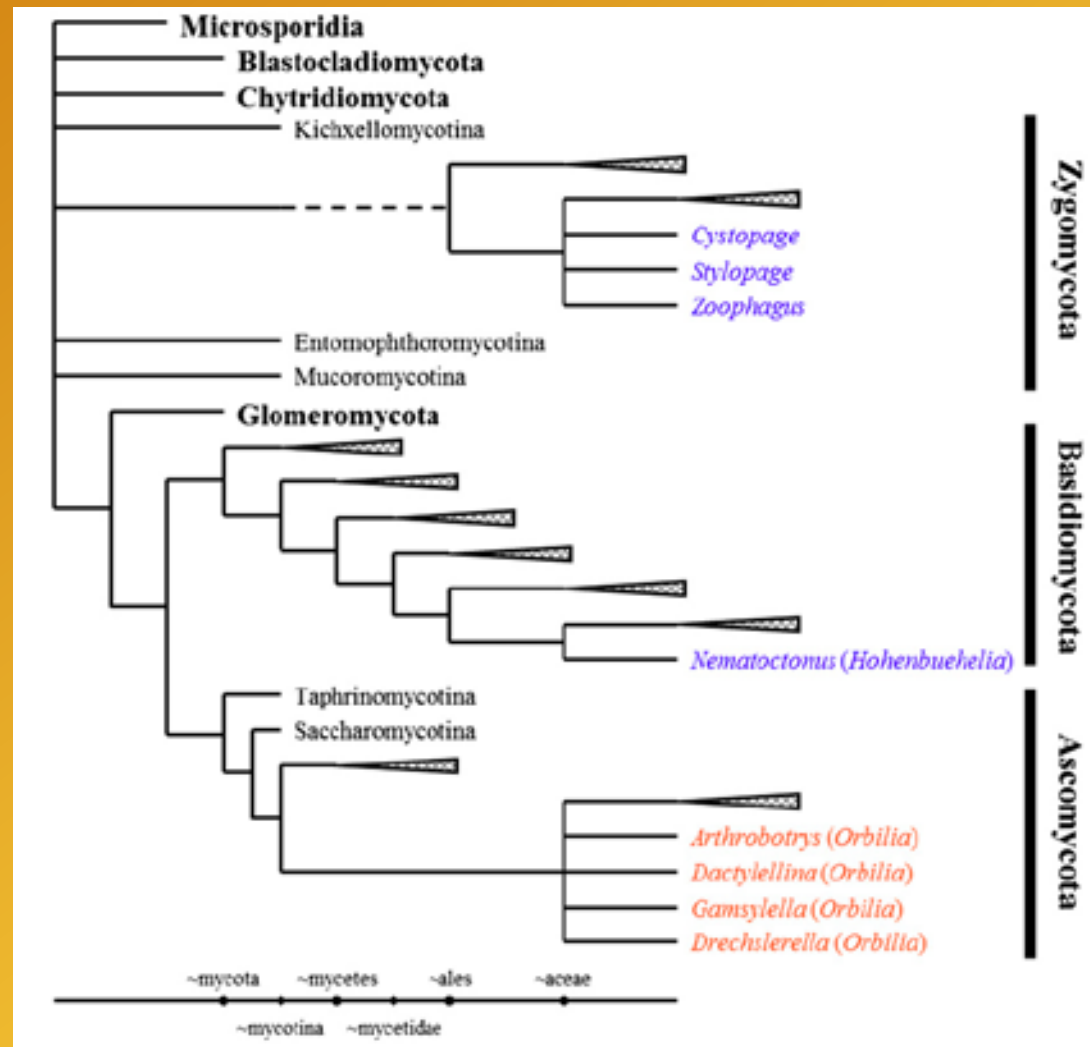


Fig. 10.5 Capture of rotifers by *Zoophagus pectosporus*. Several rotifers caught on the same hyphal system as a single nematode [arrowed]. Bar = 100 μ m (from Saikawa *et al.*, 1988, *Mycologia*, 80, © 1988 New York Botanical Garden).

Nematofágní houby

- vývoj ze saprotrofních hub
- pouze několikrát



Origin and evolution of carnivorism in the Ascomycota (fungi)

Ence Yang^{a,1}, Lingling Xu^{a,b,1}, Ying Yang^a, Xinyu Zhang^a, Meichun Xiang^a, Chengshu Wang^c, Zhiqiang An^{d,2}, and Xingzhong Liu^{a,2}

Nematofágní houby

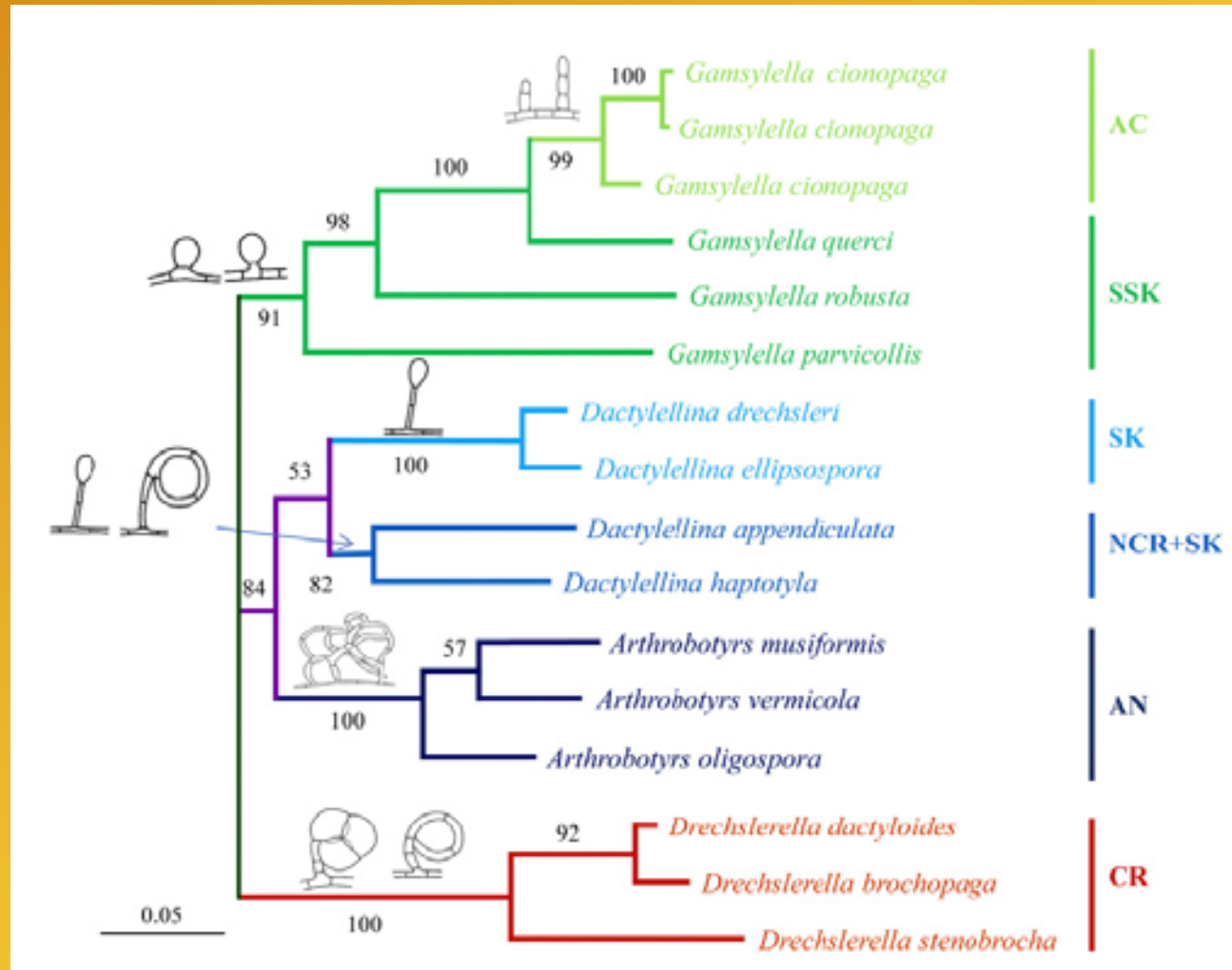
- těžiště druhů mezi Orbiliomycetes (Ascomycota)

pasivní

- adhesive column
- sessile adhesive knob
- stalked adhesive knob
- nonconstricting ring
- adhesive net

aktivní

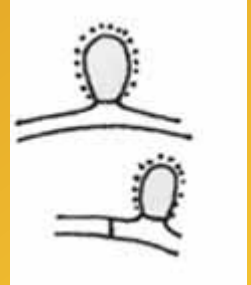
- constricting rings



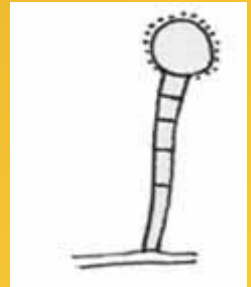
Nematofágní houby

Typy pastí

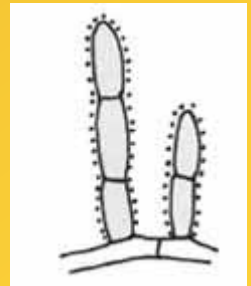
Přisedlý lepkavý knoflík („*sessile adhesive knob*“) – výběžek na hyfě, háďátko se přilepí po kontaktu; *Nematoctonus*



Stopkatý lepkavý knoflík („*stalked adhesive knob*“) – podobné, ale lepkavá buňka je na hyfě; *Gamsylella*



Postranní myceliální větve („*adhesive columns*“) – několikabuněčné lepkavé útvary; *Gamsylella*



Nematofágní houby

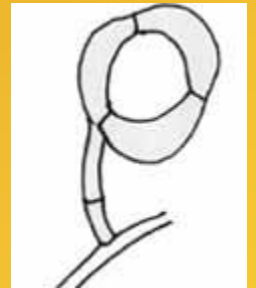
Fixní oka („*non-constricting rings*“) – neselektivní, na drobná hádátka, spolu s knoflíky lepivými neboť méně účinné;

Dactylellina

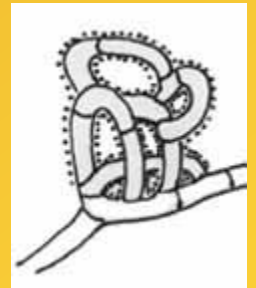


Stahující oka („*constricting rings*“) - zvětší objem během 0,1 s, jeden z nejrychlejších pohybů u hub, u obligátních parazitů;

Drechslarella



Sítě („*nets*“) – lepkavé po celém povrchu, 3D, v prostoru, nespecifický lov; *Arthrobotrys*

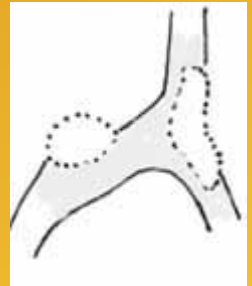


Čepy („*pegs*“) – výběžky v pravidelných intervalech na hyfách, nebo na nafouklých buňkách, lepkavé, na vířníky; *Zoophagus*

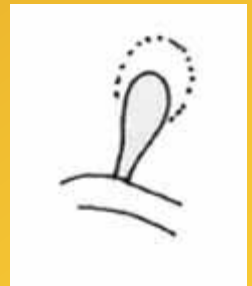


Nematofágní houby

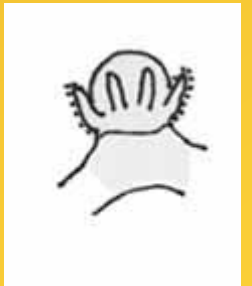
Nespecifické výběžky („*protuberances*“) – na hyfách, lepkavé, nejen na háďátka, ale i na améby; *Acaulopage*



Sekreční buňky („*secretion cells*“) – obsahují toxin paralyzující háďátka, ti jsou pak prorůstáni myceliem; *Pleurotus*



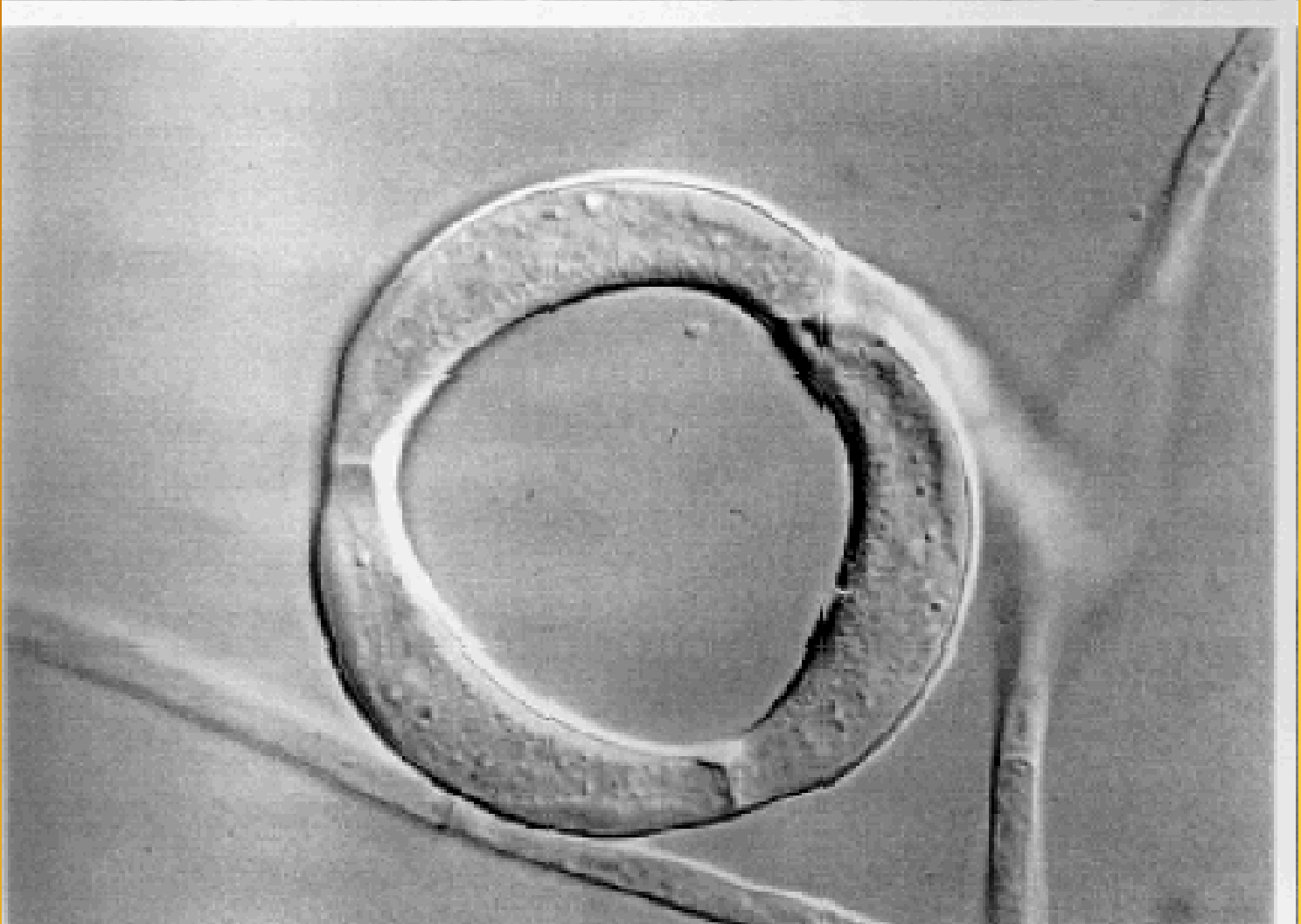
Stefanocysty („*stephanocysts*“) – 1-2 buněčný útvar, prsteneček lepivých výrůstků; *Hyphoderma*



Toxické mycelium („*toxic mycelium*“) – nespecifický útvar, háďátko napíchne hyfy a je otráveno, nové hyfy jej obrostou a kolonizují; *Hyphoderma*



Nematofágní houby



Drechslerella brochopaga

<http://www.mbioekol.lu.se/images/constric.gif>

Nematofágní houby

Ekologický význam

- nematofágní houby jsou klasičtí saprotrofové
- kompetitivní výhoda při nedostatku N
- vliv na populace háďátek
 - x nejsou limitovány jejich nedostatkem

POZOR!

- řada půdních háďátek vysává hyfy
- = negativní vliv na společenstva hub, např. ECM hub