

# Ekologie hub

## 5. Strategie, kompetice, trofické interakce



Jestliže se pokus vydařil, musela se stát chyba.

(Murphyho zákon)

Autor: Tomáš Malík



# JSOU MEZI NÁMI

Zapomeňte na síce staříčky, ale nudné sekvoje, na hloupé rozložitě brontosauary, blednou i dravě roztomilé kosatky. V mnoha nejrůznějších „nej-“ vedou jednoznačně houby. Jsou i tisíce let staré, mohou zabírat plochu stovek fotbalových hřišť a hmyz dovedou hravě proměnit v nefalšované zombie.

Houby mezi dalšími živými organismy nevykají pouze zhuřovou nalíčeností. Jak by se mohlo v šestičlenných končinách na první pohled zdát. Kromě vyššího i gastrocnemii (jámi vřtaniny, naša kalarčí) mnohou psychomotorně slyšet otevření brání venšínů. ale sláji se z nich třeba i stavět domy a jak se v poslední době ukazuje, mohou být i odpovědí na patřivý dětský problém vřtaních se hie posčítých dětských plem. Je proto k nevěře, že až do nedávna braly v akademických kruzích tak fascinující organismy jen druhé houby.

## ANI RYBA, ANI RAK

Teprve na slávnou revolučních šedesátých let se houbám dostala revocosaého postavení mezi ostatními živými organismy, když

se dočkaly své vlastní biologické říše. Dříve byly řazeny mezi rostliny, ačkoli s nimi mají, kromě štěpě důležitých podobností, společného jen málo. Předně podobně jako živočichové „dýchají“ kyslík a slavně si nevytvírají svou vlastní genetickou informaci. Takto jsou schopny přizpůsobit se na život v celém světě.

Některé výzkumy na poli genetické stability houb dokonce dokládají jejich evoluční provázanost s faunou a existencí milarda a půl let vzájemně

společného života. Přes svou výjimečnost je třeba takové hodinky smlouvat blíží člověku než libovolné kořenové vřtanění, snad kromě největší Adély. Několik odlišností mezi živočichy a houbami se ale přeci jen najde. Živočichové houbičky se kopodivu odehrávají v větší části pod povrchem, kde půdou utvá-

řují prostředí její podkrovní neboi mycetum. Jde o zemeň houb, rychle rostoucí vlákně se schopností šířivostního rozmnožování do-řady, nejnověji na překážku nebo nefalšované prostředí.

Při tomto odposlání pocházejí jen z toho, že houba přechází vřtaně klamemů vzájemně propletených žilových hřbt. Kloubov s rohuo skřívající se v mechu je jen jakousi pomyslnou křehčíkou na darta, rozmnožovací orgány smlouvaně k další expanzi, a své byly měly deset metrů od sebe tak mohou být klídně součástí stejné houby.

## OREGONSKÝ OTEŠÁNEK

Přání díky této vlastnosti dřív houby v současnosti jedno účtyhodivě gravenství. V oregonské národní parku Malheur se na

dýchají i rostliny

**všechny** výzkumy řadí houby a živočichy do společné říše Opisthokonta

překážky obroste, nehostinné prostředí překoná pomocí specializovaných hyfálních útvarů

pleše desítky živečkových kilometrů nachází jedna přes dva tisíce let stará obří velička známá eocentrální považovaná za největší organismus na světě. Ačkoliv odhadem může měřit ke třiceti tisícům let, nejde o pahnoucí houbového mutanta z běčového lesa, který by snad byl dobře vidět ze stratosféry. Vegetace metr pod zemí a její destrukce a nízká hojnost rozličných plodnic mají jen pár centimetrů. Jsou více jemné, ale podle svého rozšíření (často) Houba je to tak nepopadná, že by přes své gigantické rozměry nejspíš anižla pozornost, kdyby nebyla zodpovědná za záhadné odumírání stromů na celém světě. Těsně u ní se nachází druh náčlavky totiž nepodléhající hnilobě a smrtelnosti jen odčerpání živin. Že to je v Dregonu a jediný organismus zodpovědný za genocidní zvrstvení stromů, se ukázalo po odebrání a analýze částek vzduchu z kilometrů vzdálených míst národního parku.

### POPELÁŘI OD PŘÍRODY

Houby v přírodě fungují jako efektivní strážníci mrtvé a mrtvící. Každá živá buňka potřebuje něco jíst a rozkládat, a už rozličné nebo žijící, a také mrtvou nemohou odčerpávat a rychle recyklovat do podoby živé využitelných i dalšími organismy. Jed z houbových obřích proutěvní. Měly hub a jejich přirozenou apetitu, kdy prostřednictvím enzymů produkovaných myceliem absorbují energii zbytků v podobě odumřelých tkání rostlin a zvířat, došlo by zanedávka k zadušení veškerého života kvůli vrstevnímu vrstevnímu bioodpadu. Konečně ani zombizující organismy negativněka nemají takový podíl, jak by se mohlo na první pohled zdát. Za jejich podnět, třeba v prostředí, kde by byla více směřována ve svém růstu, by napak mohla dobře posloužit vzhledně stromům likvidaci slabších, které životaschopněji konkurence ubírají takle pevněné světlo.

### JOHONO, AŽ ŤEĚ ROPA

Fak jsou to také lidé a jim vlastně patří a masivně přetvářejí jejich přirozeného biologického prostředí se jmenem potřeby vstoupit do světa bez příslušných. Fungují hub přitom v poslední době stále hlasitěji nabízí rozličnou pomocnou ruku svým vanečům, až se nepoleptávají jen lidem, kteří jsou vzhledně vysočtější či společně rozdělí světlo na jedl nebo rozlévají ropu do oceánů, a vzhledně tak celé rozličné ekosystémy. Houby by přitom neměly být tak benevolentní, vynikají odolností a sebedestruktivní počínání jedného výjevně mnohem mladšího druhu je na budoucnost) však zvlášť neobvyklé - chutnají jim i bílé kovy. Mnohým spozněme lid v jejich zátisí mrtvím hojí i tzv. extraktantní se zít být dřevokazná žilva dřevinná. Jsak také jeden z šesti výhledů alternativní medicíny. Houba totiž vyniká živostí, která

kras dřeva nepohodně ani prstičky, nepojmí produkty či jz zombizujícího dřívího písmem (toto sukně). Jak efektivní může být bíva při likvidaci ekologických katastrof se ostatně ukázalo v roce 2007, kdy byla pokusně vyzkoušena spolu se svým substrátem na jednu z největších naplavených ropných úvalů, která na plázi zůstala po havárii tankeru v samofranském zálivu. Po dvou měsících bylo po kůře lesotě ani prstičky, lesotě žilva nepokrytá bívou kůrou a živostí, které jen čekaly na sklizeň. To je třeba, jestli se tedy někde neprosí, patří do živého společenstva petrologického způsob. Klíčové moř. Bíva ropu kras zbytků rozkláda na její jednotlivé molekuly složité.

Houby jsou zkrátka v hru a experimenty a jejich využitím při zpracování odpadů, například, katalyzátory a také houba, která se schopna vyčistit mrtvé pole tím, že jeová spořádá jejich zbytky.

### HOZKYVY

Právě tíse hub nicméně kras svých bívových hrdnu náleží i zombizují jako vyřizované z postapokalyptických komiksových světů. Jedním z těch nejživějších jsou parazitické houby z rodu Cordyceps, obvykle dělné praleny. Tyto houby dokážou pro zajištění svého přežití zcela zvládnout některé členovce, na některé rostlinné podstaty specializují. Vzhledně, kdy vyběraý hazy věčně jednu ze spodí vyčleněných plodnicemi, jsou jako dny světlé. Stáží se zombiz. Jejich posledním úkolem je poslat houby v její další teritorium expandovat. Dezaktivování mrtvenci vlivem infekce zprostředkují bezpečí neovlivně a podle instrukcí se vydávají určitým směrem, kde se na strategickém místě zakousojí do přiblížení stánku, tak aby byla houba chráněna před posttrouštinou vlivy. Funguje vstávají a jejich těla se stává substrátem pro ropu

podobu. Nakonec jim z těla vynoří další plodnice připevněná k rostlině parazitika, které rozpraší své zkontaminované semě a nové cyklus se opakuje. Jakkoliv nepatří do podobnosti, může mít i tento starý lesotě přesec své využití jen živostí, také teniti jsou totiž nábyti i v tomto typu sporevů mrtvých a dřevinné houby, kde se houba usadí, od níž mají podobu polky - kroměti se raději přestěhují, než aby světlé boj, který zvláda nemůže vyžít.

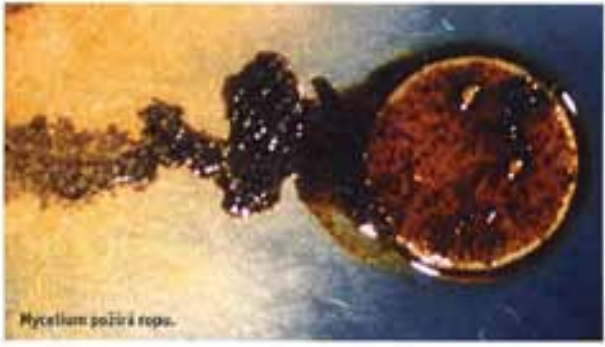
### NĚCO JE VE VZDUCHU

Známy americký mykolog a fyziolog, i když láiba excentrický a spoustažib tajemného světa hub Ben Staretz ve své knize *Mycelium Runaway: How Mushrooms Can Help Save the World* přirovnává sporevů vzdušné provolání podobu k přírodní internetové síti. Na příkladech ukazuje, jak houby dorozou komunikovat i na stovkách vzdálenosti. Svě bylby propojení nepatříají a mrtvím je poskytní k využití další organismy. Houby je tak podle Staretze možné považovat za jediný komplexní organismus a vlastně světlo.

Je-li to tak, pak je třeba se přemýšlet na množství, že houby nemusí být jenom mrtvím lidstva, ale třeba také jeho existencí Nemesis. Alasující názvy, je to tomu tak možná být, poskytní už v r. 1943 irský Madonni v polovině 19.

Strom, který podle ohnání zahnul více než milion let a ze kterým stály právě houby, nepříhodně náikara brambor. Metlou lidstva může být i odborně zmetlůžící přiblížení infekce

která se už několik let šíří na západním pobřeží USA. Spory, kterých se nakazeni nacházejí, zabíjejí třetinu z nich. Žádělivě nejspíš procházka lesem, která někdy bývá provázena pokažděm rozbíháním obyčejnou proučkou, tak může být příslušnou podobou kapku. Houby jsou to v jednom zvláště přelie a jejich trpělivost nemohou být neohodně. ■■■



Mycelium požírá ropu.

hodně eufemické, způsobuje hnilobu kořenů vedoucí k zlomení/úhynu stromu

a co houby mutualisticky symbiotické a parazitické?

„An infection initiates with a spore or spores adhering to the exoskeleton of the host.“

<http://cordyceps.us/pages/biology>

x zombie = oživlý mrtvý

ne houba, ale Peronosporomycota (Oomycota)

# Strategie

***Jak se vypořádat s řadou abiotických a biotických faktorů prostředí?***

**= *stres, disturbance a kompetice***

## ***Stres***

- stav, při kterém soustavně působí nějaký environmentální faktor limitující růst většiny kmenů hub, v extrému vedoucí až k zastavení jejich růstu (nedostatek živin, fyzikální faktor, ...)
- adaptované druhy neomezuje, naopak ho vyžadují, jsou zvýhodněny proti ostatním

## ***Disturbance***

- část celkové houbové biomasy, nebo celá, je zničena náhlou (ale pomíjivou) změnou podmínek a nebo je vystavena novému selekčnímu tlaku

**I. destruktivní disturbance** (okus, požár, změna teploty, ...)

**II. obohacující disturbance** (běžné, přísun organ. hmoty dosud nekolonizované)

# Strategie

- soubor obdobných a analogických fyziologických vlastností mezi různými druhy nebo v rámci společenstva
- vlastní strategie konkrétního druhu houby leží někde mezi **třemi primárními typy (Grime 1977)**

**Kompetiční (C)** = vysoká schopnost obsadit a využít substrát v podmínkách nízkého stresu a nízké disturbance

**Ruderální (R)** = krátký životní cyklus, vysoká investice do rozšiřování na substráty bohaté na živiny s vysokou mírou disturbance

**Stres tolerantní (C)** = adaptace pro prostředí s nepřetržitým stresem

x pro houby celkově nevhodné dělení, mají vlastnosti typické pro více strategií

x rozdělení dle Pianka (1970) na r a K strategie pro houby rovněž nevhodné

# Interakce hub

- houby se v žádném svém habitatu nevyskytují osamoceně
- když setkání a interakce mycelií, tak jde o **substrát/živiny**

***Jejich setkání může mít povahu těchto interakcí:***

**Neutrální** – nic se nestane (spíš jen hypotetické, vlastně nelze dokázat)

**Komezální** – jedno mycelium bude mít prospěch z činnosti toho druhého, aniž mu způsobí újmu

**Mutualistickou** – z jejich aktivity budou mít prospěch obě mycelia

*jinou* **Symbiotickou** – úzké soužití dvou druhů může jít i o **mykoparazitismus**, jde-li pouze o mycelia, nejedná se o predaci

**Kompetitivní** – mycelia soupeří o substrát, na jedno nebo obě mycelia bude mít soupeření negativní vliv

# Mykoparazitizmus

## Biotrofní vs. nekrotrofní

- **biotrofní mykoparazité** více druhově specifičtí

Do jaké míry ovlivňují mykoparazité populace svých hostitelů *in vivo*?

Biotrofní mykoparazité jsou často **nekultivovatelní**, tj. **podceněnou skupinou** hub známou především z DNA extrakcí

- **nekrotrofní parazité**

- parazitizmus s.s. či zisk substrátu:

i) zbavit se kompetitora

ii) získat likvidací kompetitora substrát pro sebe

iii) získat z hostitele (potenc. kompetitora) jím získané živiny

**Jsou „cílení zabíječi“ (nekrotrofní parazité) nebo jen „velmi drsní kompetitoři“?**



# Interakce hub

## **Kompetice**

### **I. primární obsazení substrátu** (*primary resource capture*)

- obsazení a získání přístupu k nekolonizovanému a využití živin
- obdobné např. u rostlin, řas (kompetice o světlo, živiny, plochu ...)

### **II. souboj** (*combat*)

- snaha o udržení (obranu) substrátu a nebo vybojování si obsazeného substrátu

- mezi kmeny jednoho druhu (*intraspecific*) a různých druhů (*interspecific*)
- různé mechanismy od vylučování allelopatických látek až po přímý kontakt hyf

# Kompetice

- probíhá v relativně **dlouhodobém habitatu** s neměnnými podmínkami  
= vlastnosti kompetičně silných druhů

Typické habitaty:

= padlé kmeny stromů, jehličnatý opad, hlubší půdní horizonty, jiný typ rostlinného opadu špatně rozložitelný, trus býložravců, ...

Nejlépe a nejdéle studované kompetice mezi **dřevokaznými druhy hub**



# Kompetice

## **Antagonismus** na dálku

- produkci těkavých látek; závisí na obou kompetitorech, jak jsou citliví

## **Přímý kontakt** hyf a mycelií

- podrobně studován při párových pokusech na agaru či sterilním dřevě
- do jaké míry všechny interakce probíhají v této podobě i v přírodě?

- **výsledky interagujících mycelií**  
např. na příčných průřezech kmenů



# Kompetice

Výsledkem kompetice v **laboratorních podmínkách** jsou:

**nahrazení** (*replacement*)

- zůstává pouze jedna houba, druhá je odstraněna (nebo jen částečně)

**uzamčení** (*deadlock*)

- nerozhodný výsledek, obě houby mají k sobě zamezený přístup

**přerůstání** (*overgrowth*)

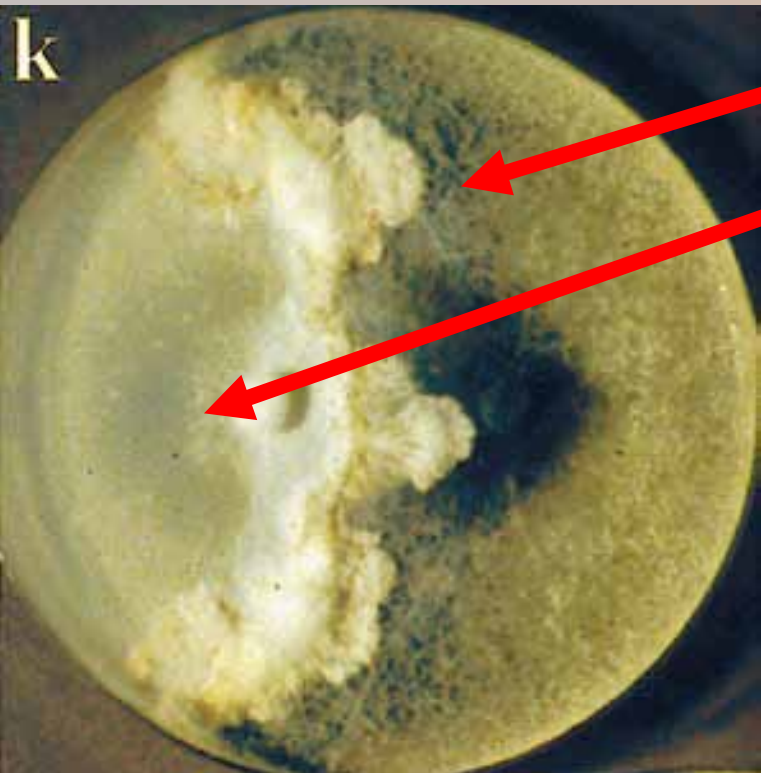
- pouze zdánlivé nahrazení, přerostlá houba je stále životaschopná

- závisí na podmínkách (složení média nebo velikost špalíku dřeva, teplota, vodní potenciál, koncentrace CO<sub>2</sub>, stáří kolonií, kmen houby, ...)

**- v jednom páru i zcela opačné výsledky**

# Kompetice

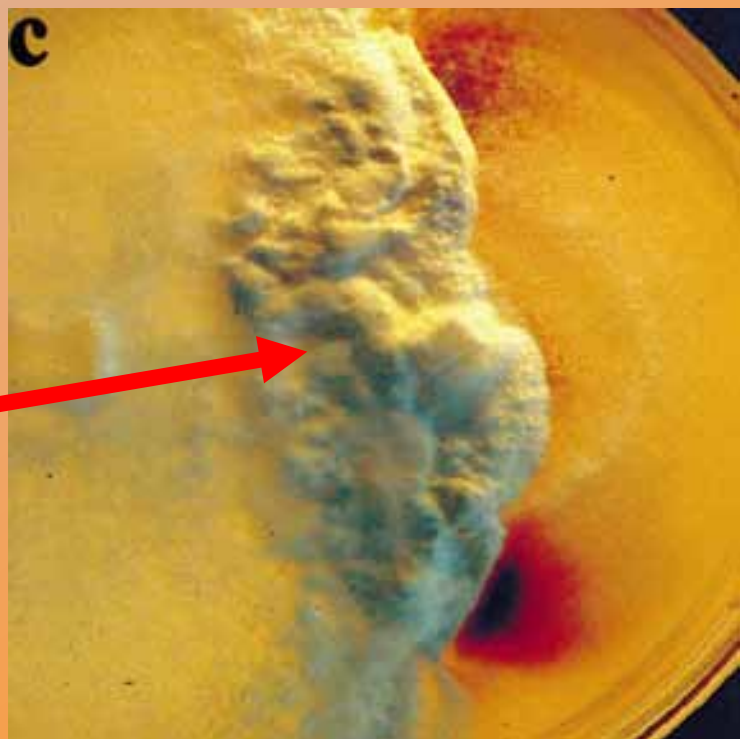
**Přímý kontakt** hyf a mycelií  
- **změna morfologie**



„myceliální vějíře“ pronikající do mycelia slabšího kompetitora

změna hustoty mycelia ve prospěch kompetiční zóny  
*Trametes versicolor* vs. *Daldinia concentrica*

„invazivní myceliální čela“  
*Stereum hirsutum* vs. *Lopadostoma turgidum*



*Boddy (2000)*

# Kompetice



myceliální vějíře

*Hypholoma fasciculare* vs. *Marasmius androsaceus*

základy plodnic

*Hypholoma fasciculare* vs. *Trametes hirsuta*

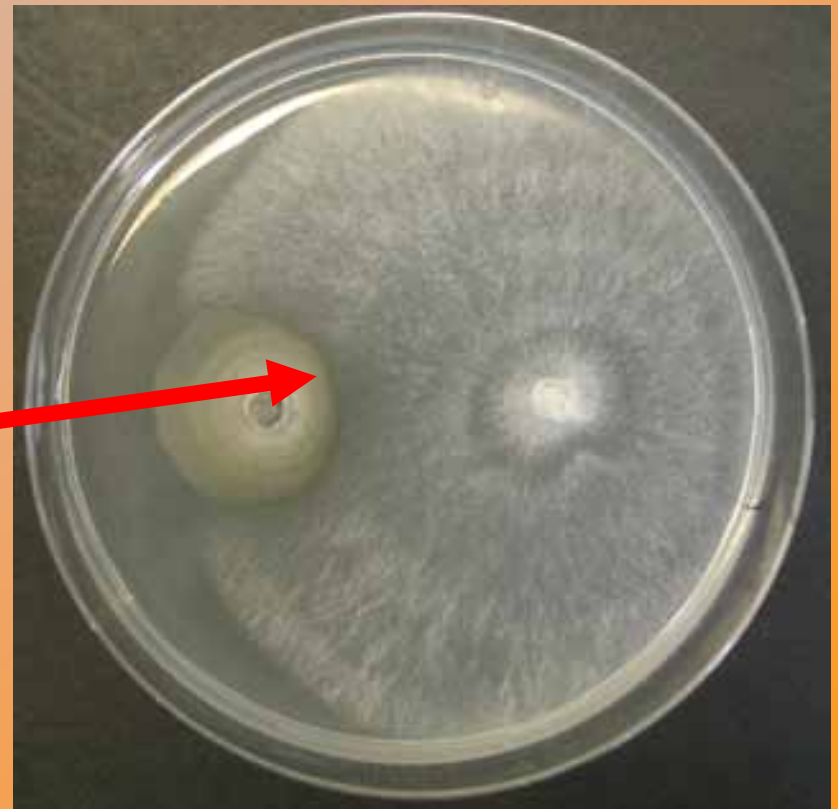


# Kompetice



*myceliální provazce*  
*Ceuthospora pinastri* vs. *Hypholoma fasciculare*

*pigmentová zóna*  
*Chalara longipes* vs. *Hypholoma fasciculare*

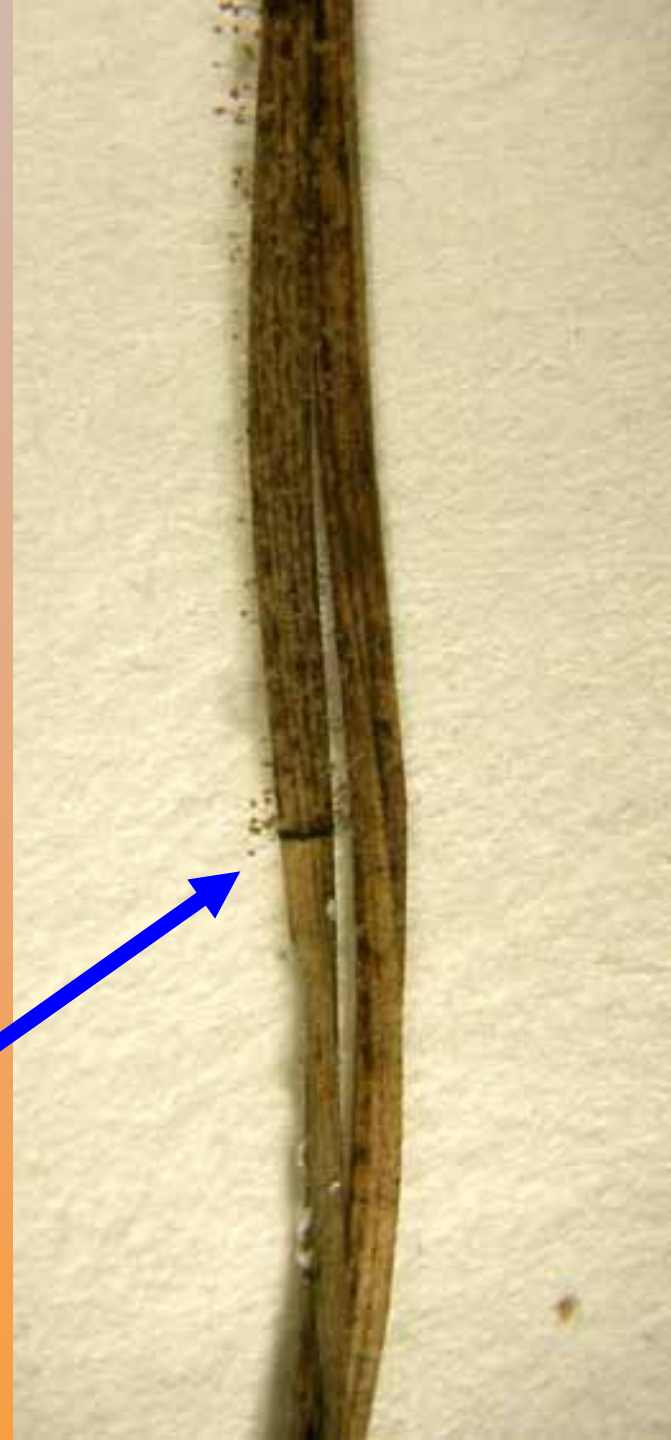


# Kompetice



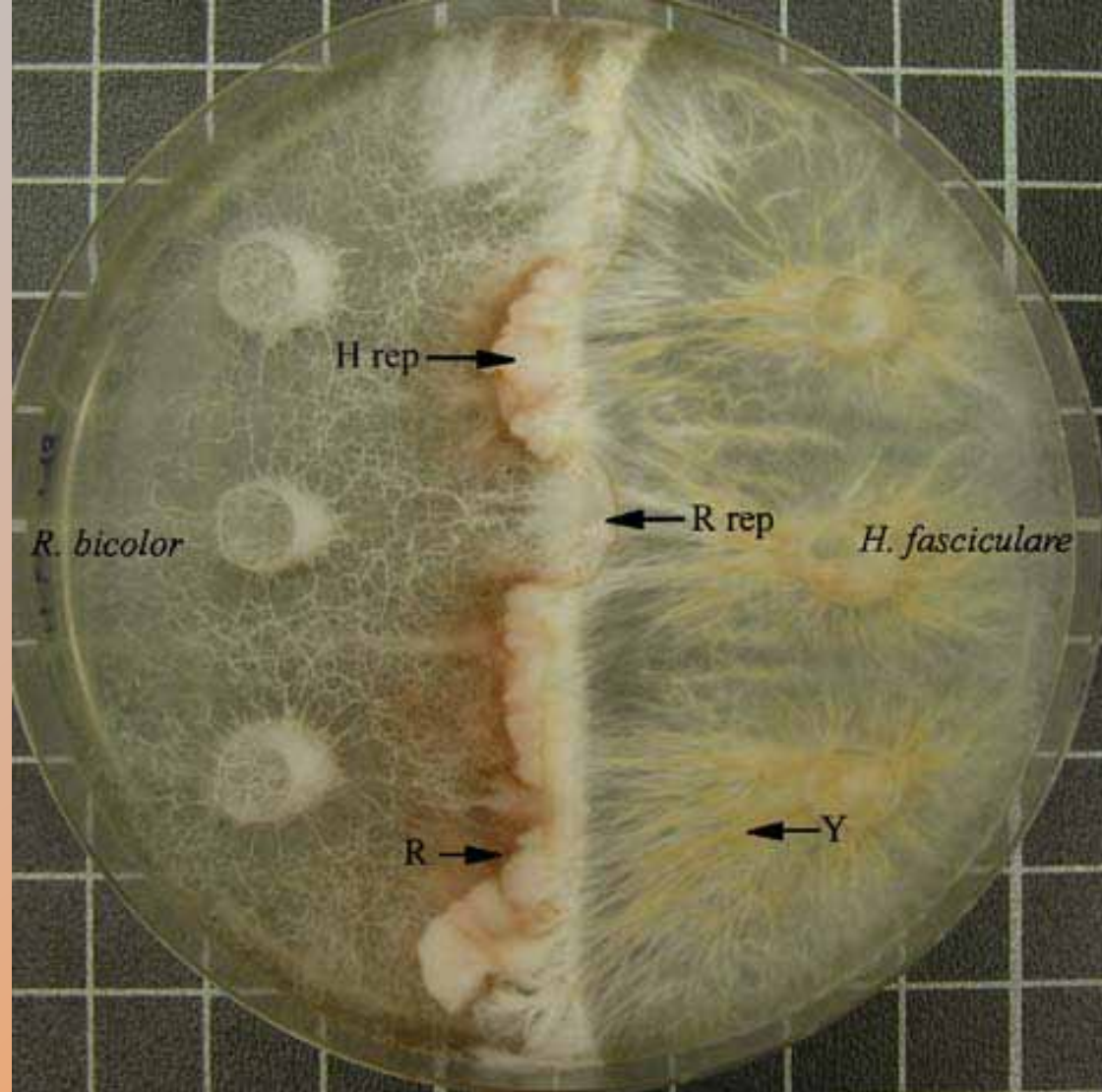
*Verticicladium trifidum* vs. *Lophodermium pinastri*

- růst druhu *V. trifidum* omezen přehrádkami  
tvořenými druhem *L. pinastri*





# Kompetice



*Resinicium bicolor* interacting with *Hypholoma fasciculare*. *Resinicium bicolor* is partially replacing *H. fasciculare* (R rep) and vice versa (H rep). Note that there is dark red/brown pigment production by *R. bicolor* (R), and yellow pigment production around cords of *H. fasciculare* (Y).

Hynes & al. (2007)

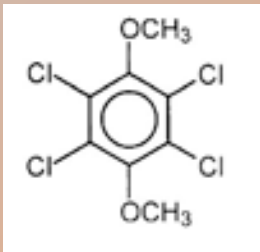
# Mechanizmy kompetice

## **Kompetující mycelia vylučují jiné enzymy, než volně rostoucí mycelia**

- hlavní změny v produkci **lakázy** a **tyrozinázy**  
(dokázáno na molekulární úrovni, reverzní transkripce mRNA)
- oba enzymy jsou intracelulární a podílejí se na oxidaci polyfenolů a tyrozinu
- tj. tvorba melaninu (pigmentů obecně)
- zároveň „přepínání“ růstu mycelia substrátového a vzdušného

# VOCs

- řada látek je vylučována pouze v průběhu kompetice a slouží ke kompetici
- často toxické → vede k vylučování detoxifikujících látek
- **alkoholy, terpeny, aldehydy, ketony, sesquiterpeny a aromatické látky**
- mohou zůstat v substrátu a ovlivňovat další kolonizaci houbami
- působí i na bezobratlé, bakterie, ...
- občas i **halogenderiváty**, např. drosophilin A (methyl ether)

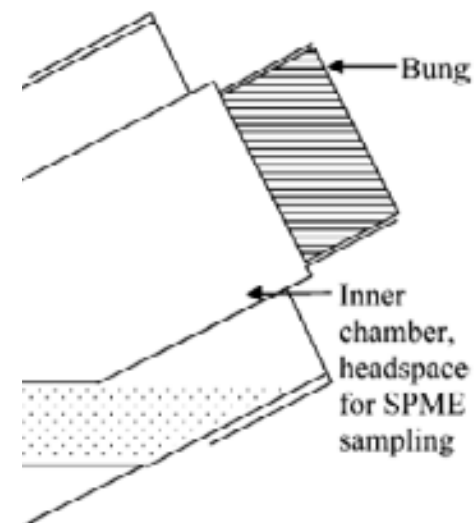
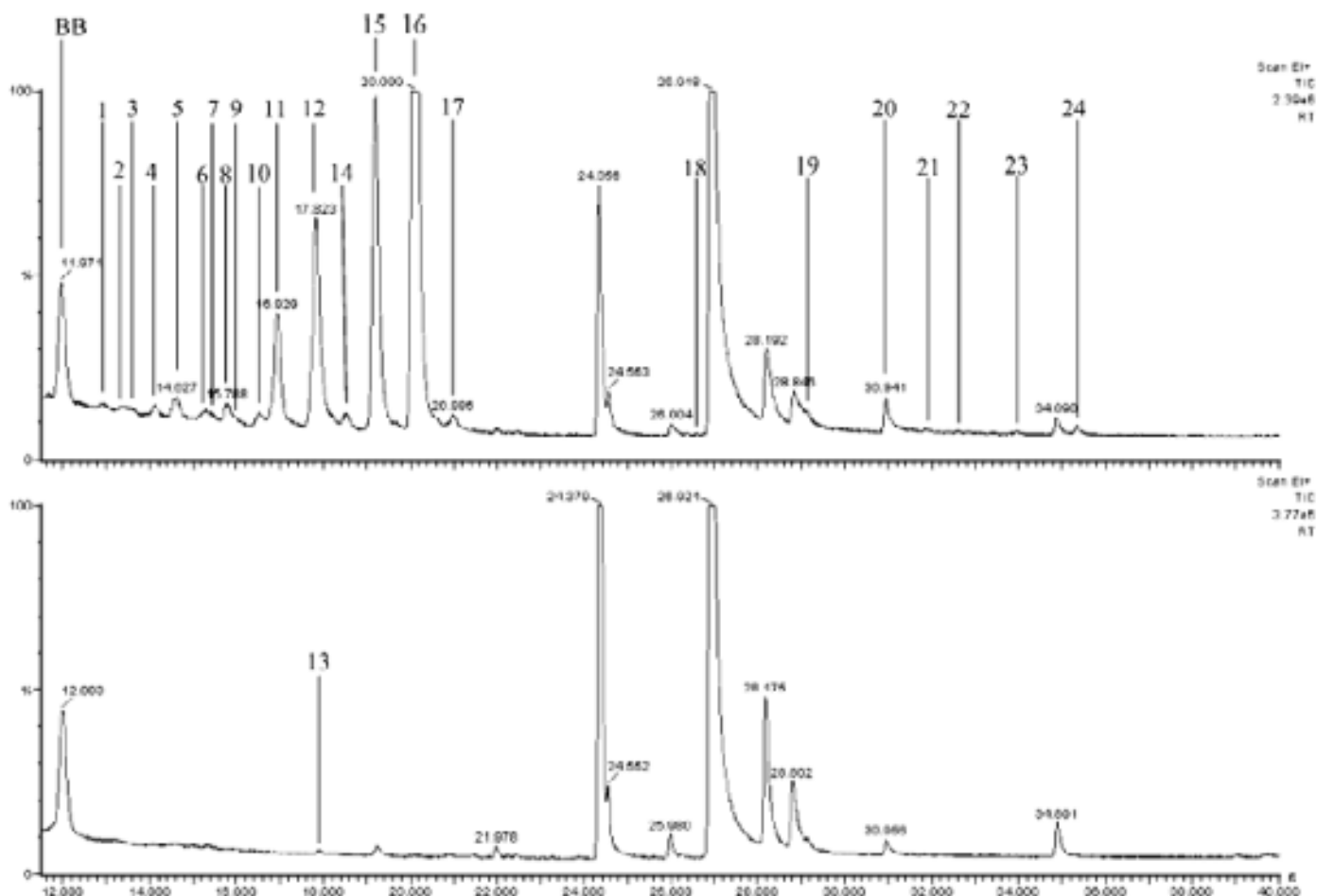


- krystaly drosophilinu na kultuře *Marasmius androsaceus*



# VOCs

- *Resinicium bicolor* vs. *Hypholoma fasciculare*



**Fig. 3** Representative GC/MS traces indicating fungal metabolites: (a) *Hypholoma fasciculare* v *Resinicium bicolor* (HFRB) interaction at 17 d; (b) *R. bicolor* (RBRB) alone at 17 d indicating position of the peak found in *R. bicolor* only. Peaks are numbered individually. An additional small peak (25) was found in both treatments at 49.1 min (not shown), BB is dibutylbenzene

# Kompetice

## **Jakou má kompetice povahu z hlediska zisku pro jedno či obě mycelia?**

- zisk substrátu a živin z poraženého protivníka

x některé mechanismy, např. produkce pigmentu poškozuje obě mycelia  
změny v růstu mycelií při kompetici jsou energeticky náročné

- stimulace sporulace u askomycetů (experimentálně využíváno), fruktifikace u bazidiomycetů

## **Je to zisk nebo ne?**

**Rychle vysporuluje, ale za cenu omezeného vegetativního růstu!**

## **Vliv na substrát, ostatní organizmy?**

- saprotrof vs. saprotrof = změna v dekompozici vzhledem ke změně  
vylučovaných enzymů

- saprotrof vs. mykorhizní = snížení vitality mykor. houby může ovlivnit hostitele

- dosud spíš neprobádáno nebo protichůdné výsledky

# Kompetice

- z výsledků několika párových interakcí nelze odvozovat výsledky dalších interakcí, tj. **platí  $A > B > C$** , ale za jiných podmínek  **$A > B$ ,  $B > C$ ,  $C > A$**
- v experimentech bohužel zcela zanedbávány biotické faktory jako přítomnost bakterií, bezobratlých, ...
- podobně i abiotické faktory – vysychání substrátu, změna teploty, množství kyslíku, ...

# Interakce

Houby se v žádném svém habitatu nevyskytují osamoceně bez interakcemi s ostatními organizmy.

# Interakce s bakteriemi

- bakterie původně dominantními organizmy na Zemi
- přechod života na souš → interakce a kompetice s houbami o zdroje

Typy interakcí a jejich význam (je-li znám):

**I. Kořenové exsudáty**

**II. Komplexní substráty**

**III. Na povrchu hyf**

**IV. Uvnitř hyf**

**V. Mykofágní bakterie**

**VI. Cyanolišejníky, kapitola hlavně pro lichenology**





# Interakce s bakteriemi

## I. Kořenové exsudáty

- původní představa, že exsudáty jsou degradovány výlučně bakteriemi
  - x mikroskopické houby často izolovány z rhizosféry
- $^{13}\text{C}$  značení prokázalo, že houby se nejvíc podílí na degradaci exsudátů v kyselých půdách a při vysoké koncentraci exsudátů (lépe snáší osmotický stres)
- jinak je třeba očekávat kompetici
  - vylučování látek proti houbám, proti bakteriím i nesespecifických (*Pseudomonas* spp.)



# Interakce s bakteriemi

## II. Polymery

- aerobní rozklad **celulózy** převážně houbová záležitost
  - x v anaerobních podmínkách bakterie (*Acetivibrio*, *Clostridium*)
    - drobnou výjimku tvoří *Neocallimasticales* v bachoru
- aerobní bakterie a aktinomycety potřebují vyšší pH na rozdíl od hub (dřevo samo o sobě kyselé + org. kyseliny z hub)
- v kompostech, při zvyšování pH amonifikací kompetice hub a bakterií
- v půdě pouze oportunně, pravděpodobně nemají dostatečné fungicidní látky (x orné půdy hnojené minerálními živinami)

## **Lignin**

- **pouze aerobní rozklad**, *Basidiomycetes* a *Xylariales*
- pozorován růst aktinomycetů a bakterií na ligninu *in vitro*
  - x v přirozených podmínkách zcela zanedbatelný podíl

# Interakce s bakteriemi

## II. Polymery

- při rozkladu lignocelulózového kompostu  
fenolické látky – interakce komenzálních bakterií

- + 1) bakterie využívají látky z kompostu a produkuje vitamíny, růstové faktory
- 2) bakterie je využívají, ale ne produkuje vitamíny a růstové faktory
- 3) bakterie je využívají a „ochromičují“

**Pro každou houbu jiné.**

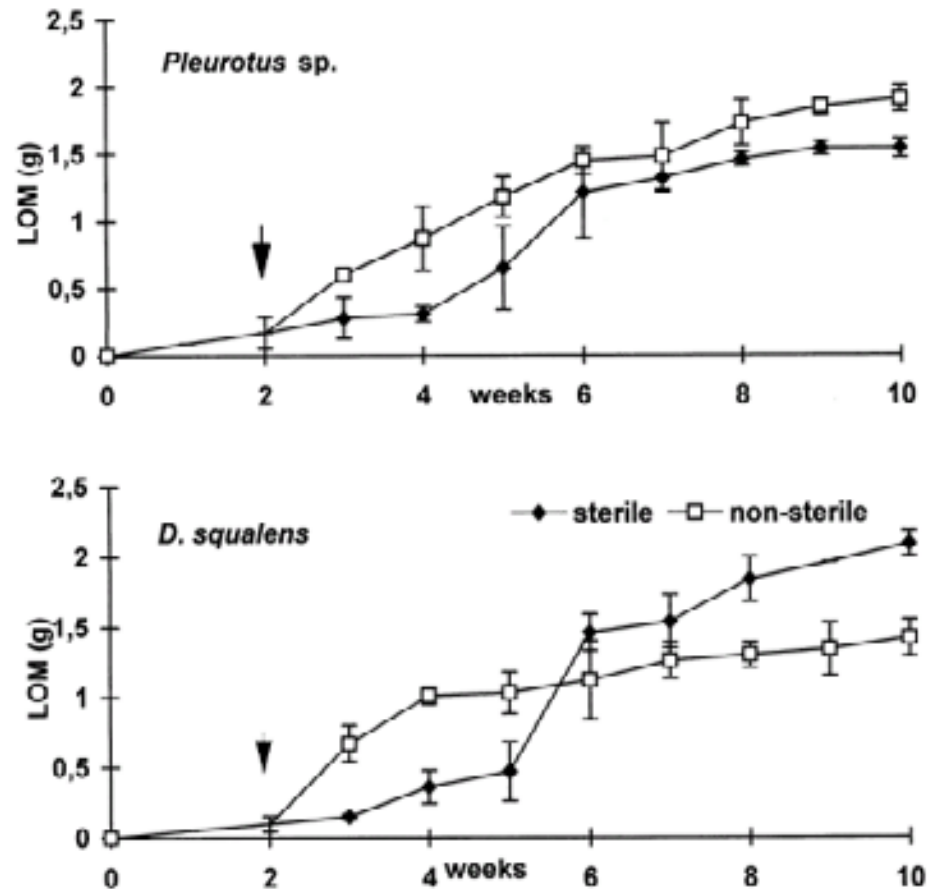
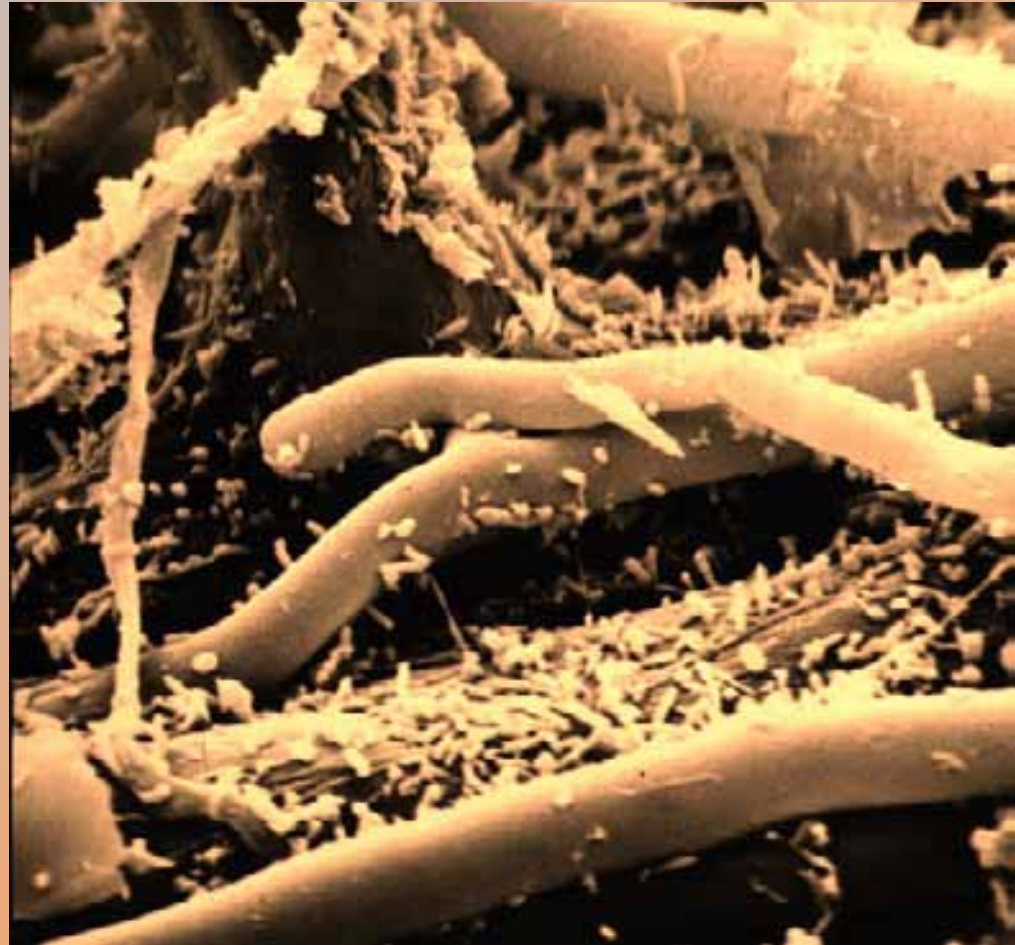


Fig. 1. Loss of organic matter of the straw compartment during growth of *Pleurotus* sp. strain Bhutan and *Dichomitus squalens* in solid state straw-soil cultures in the presence (nonsterile soil, open symbols) and absence (sterile soil, solid symbols) of soil microorganisms. Arrow indicates the time soil was added. Mean values and standard deviations of four replicates are given.

# Interakce s bakteriemi

## III. Na povrchu hyf

- zcela nové niky pro bakterie
- využívají manitol a trehalózu (*Pseudomonas*)
- využívají organické kyseliny (*Methylobacterium*, *Streptomyces*)
- zřejmě vliv na kvalitativní spektrum než na kvantitu bakterií



[http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil\\_biology/bacteria.html](http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil_biology/bacteria.html)

- zároveň selekce bakterií odolných vůči houbovým antibiotikům (G+ vs. G-)
- rozdílná společenstva v **rhizosféře** bez mykorhizy a **mykorhizosféře** vlivem rozdílné produkce houbových exsudátů a stimulace rostliny k exsudaci

# Interakce s ba

## III. Na povrchu hyf

### Význam

- *Rhizopogon vinicolor* +
- *Rhizobium leguminosa*

„ECM helper bacteria“ –

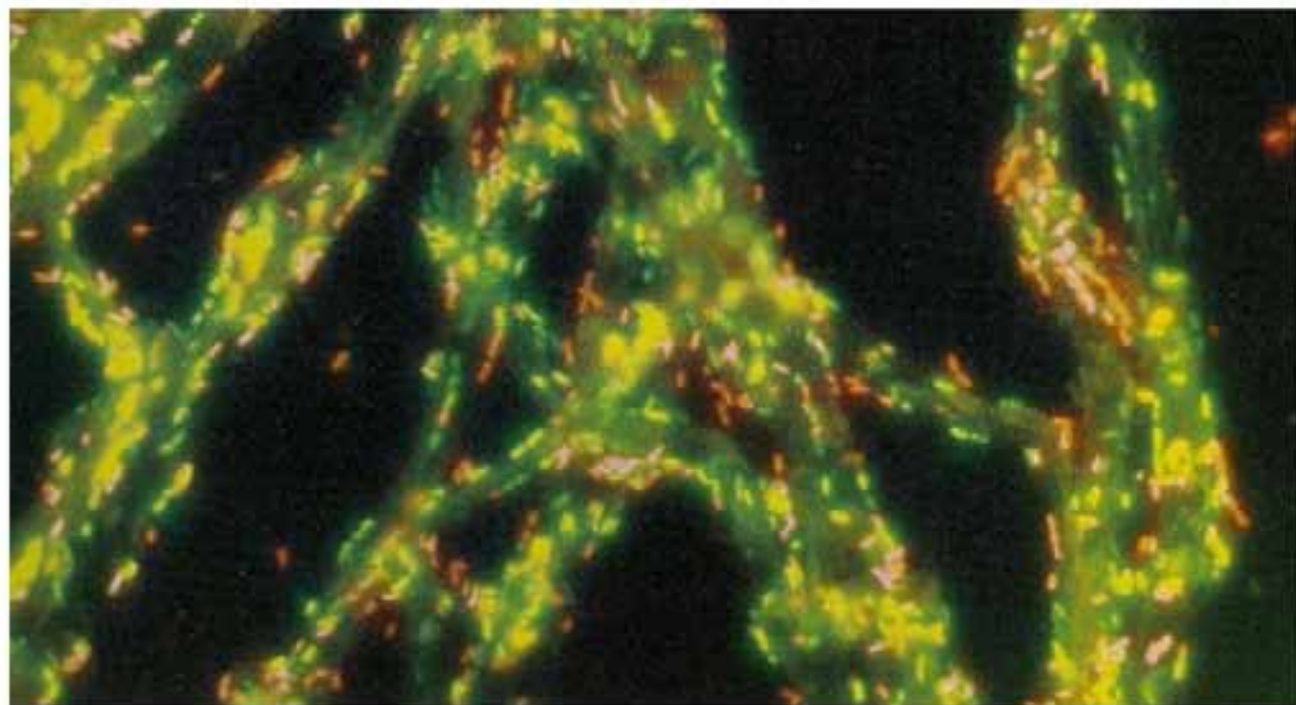
- stimulují vznik
- stimulují růst

x mechanismus

(AM nemají asociaci s p  
a bakterie na ro

- vliv na fruktifikaci (*Agar*

X negativní vliv na klíčer  
(mykostáze či f



Living (green) and dead (red) bacteria stained with the viability stain Live/dead, adhering to the hyphae of an ectomycorrhizal fungus.

Modern soil microbiology; J.D. van Elsas, 2007

Soil Biology & Biochemistry 43 (2011) 760–765

Contents lists available at ScienceDirect

Soil Biology & Biochemistry

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/soilbio](http://www.elsevier.com/locate/soilbio)



Hitchhikers on the fungal highway: The helper effect for bacterial migration via fungal hyphae

J.A. Warmink, R. Nazir, B. Corten, J.D. van Elsas\*

Department of Microbial Ecology, Centre for Ecological and Evolutionary Studies, University of Groningen, Kerklaan 30, 9750RA Haren, The Netherlands

# Interakce s bakteriemi

## IV. Uvnitř hyf - VAM

- nejprve jako *Bacterium-like organelles* od 70. let 20. stol.
- nekultivovatelné
- potvrzeno až s ELM
- určení do druhů pomocí PCR
- nejčastěji *Burkholderia* spp.

*New Phytol.* (1981) **89**, 241–246

241

### BACTERIUM-LIKE ORGANELLES IN THE VESICULAR-ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGUS *GLOMUS CALEDONIUS*

BY R. M. MACDONALD AND MURIEL R. CHANDLER

*Department of Soil Microbiology, Rothamsted Experimental Station, Harpenden,  
Herts AL5 2JQ, U.K.*

*(Accepted 24 February 1981)*

#### SUMMARY

Bacterium-like organelles (BLOs) were found by electron microscopy in the vesicular–arbuscular (VA) mycorrhizal fungus *Glomus caledonius*. They were morphologically similar to those found by others in other VA mycorrhizal fungi, in the ectendomycorrhizal fungus *Endogone flammicorona* and in the Discomycete *Scutellinia*. They occurred free in the cytoplasm of *Glomus caledonius* reproductive spores and in the intercellular hyphae and thick arbuscule branches in infected roots. They were irregularly coccid with diameters of  $0.3 \pm 0.06 \mu\text{m}$  and had a conspicuous cell membrane and simple cell wall and appeared to divide by median constriction and separation. The fungal cytoplasm did not show any cytopathic effects in the vicinity of the BLOs.

A completely different type of bacterium colonized and eroded the walls of reproductive spores of *Glomus caledonius*. These bacteria did not enter the fungal cytoplasm and had a thick complex wall and peripheral membranes. In contrast to BLOs, their cytoplasm was clearly differentiated into electron-dense and transparent areas.

# Interakce s bakteriemi

*Jen tak na okraj ...*

*Burkholderia* spp.

- kolonizátoři rhizosféry
- prospěšné pro rostliny i parazitické
- patogenní i pro živočichy a lidi (např. *B. cepacia* a *B. pseudomallei* mohou i zabít s oslabenou imunitou, po antibiotikách a např. s cystickou fibrózou)
- dokáží tudíž napadat eukaryotické buňky a přežívat jako vnitrobuněční parazité (pozorováno u améb, ale i u makrofágů, epiteliálních buněk)
- dokáží využít cokoliv, rozkládají i halogenderiváty



<http://www.apsnet.org/online/Archive/1998/cepacia.htm>

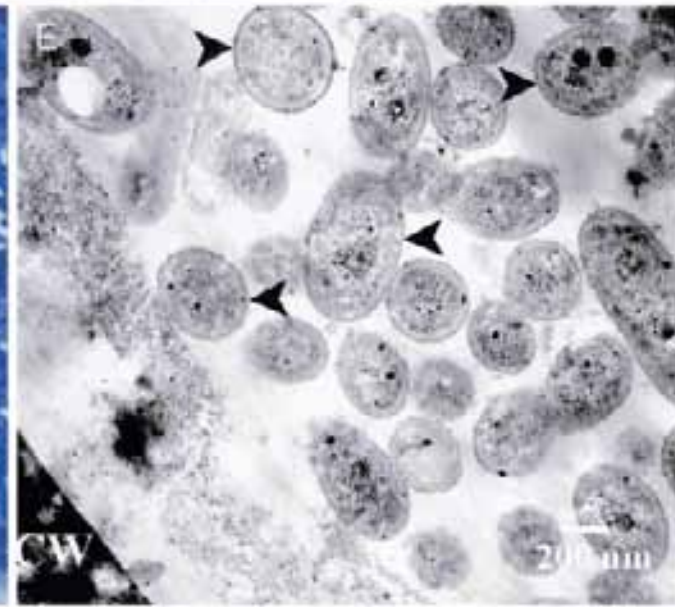
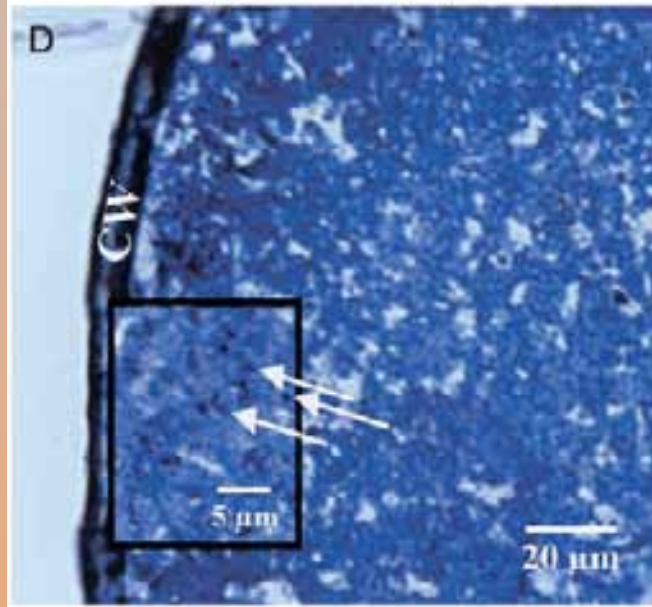
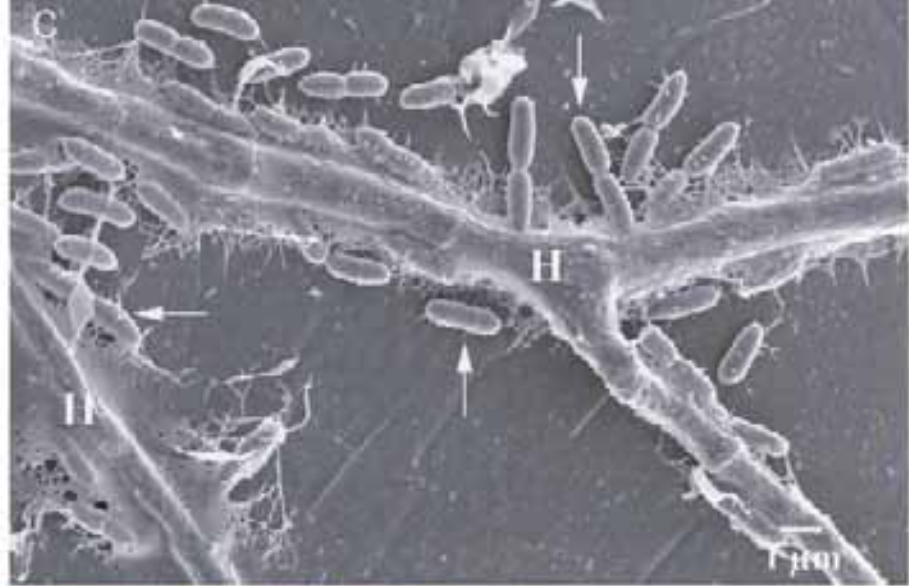


[http://web.umn.edu/~microbio/BIO221\\_2000/Burkholderia\\_cepacia.html](http://web.umn.edu/~microbio/BIO221_2000/Burkholderia_cepacia.html)

#### IV. Uvnitř hyf - VAM

- *Bukholderia* spp.

+ *Gigaspora decipiens*



(C) Field emission SEM of *G. decipiens* hyphae, adherent *B. pseudomallei* (arrows), and associated fibrillar material. H, hypha. (D) Optical semithin section of *B. vietnamiensis*-inoculated *G. decipiens* stained with toluidine blue. Bacteria (arrows) are present throughout the cytoplasm. CW, cell wall. (E) TEM of *G. decipiens* cytoplasm containing bacteria (arrowheads).  
*Levy & al. (2003)*



# Interakce s bakteriemi

## IV. Uvnitř hyf

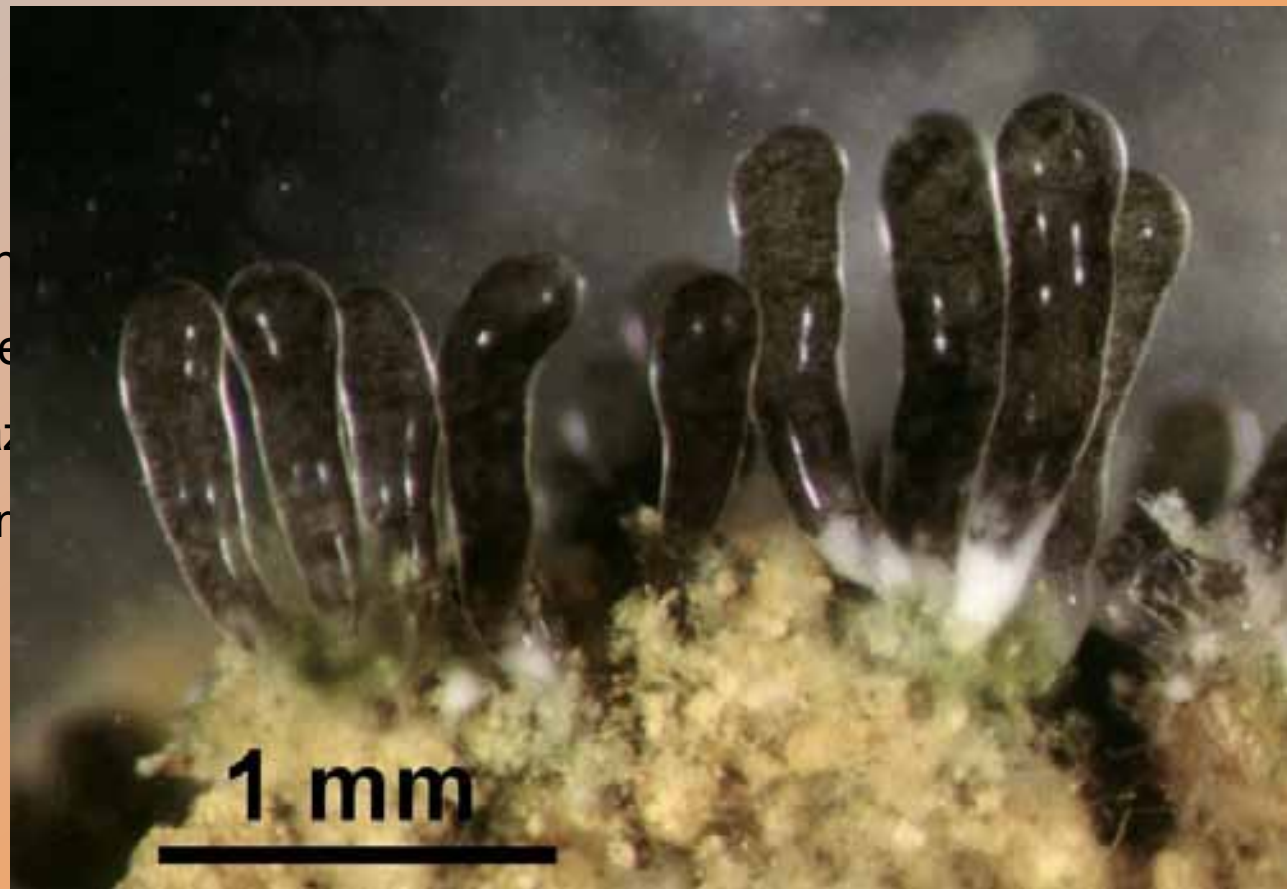
- původní představa, že pomáhají s fix. N, ale nepotvrzeno
- pravděpodobně došlo k symbiotické události pouze jednou a následoval pak vertikální přenos

## Vstup do mycelia

- narušení stěny klíčící h
- „pohlcování“ bakterií je
- = může docház
- tento mechar

## Přenos

- uvnitř spor



# Interakce s bakteriemi

## V. Mykofágní bakterie

- velmi málo údajů, pozorovány pouze penetrace spor a ovíjení řetízků *Streptomyces* kolem hyf; *Streptomyces* hlavní dekompozitor mrtvých hyf v půdě
- *Collimonas* zjištěn, že napadá hyfy hub v kyselých půdách a proráží stěnu směsicí enzymů (chitinázy, proteázy)
- **myxobakterie** (G<sup>-</sup>) tvořící pohyblivé kolonie ve slizu byly viděny, jak napadají *Rhizoctonia* sp.; normálně se živí ostatními bakteriemi a kvasinkami („mikropredátoři“)



- také parazité hub, např. *Pseudomonas tolaasii* + *Agaricus bisporus*

<http://www.plantwise.org/?dsid=45019&loadmodule=plantwisedatasheet&page=4270&site=234>  
~barretta/homepage.html

- x některé dřevní houby zřejmě lyzují bakterie a vypomáhají si s přísunem N (*Pleurotus ostreatus*)

# Interakce s protisty

*Vampyrellidae* (Rhizaria, Cercozoa)

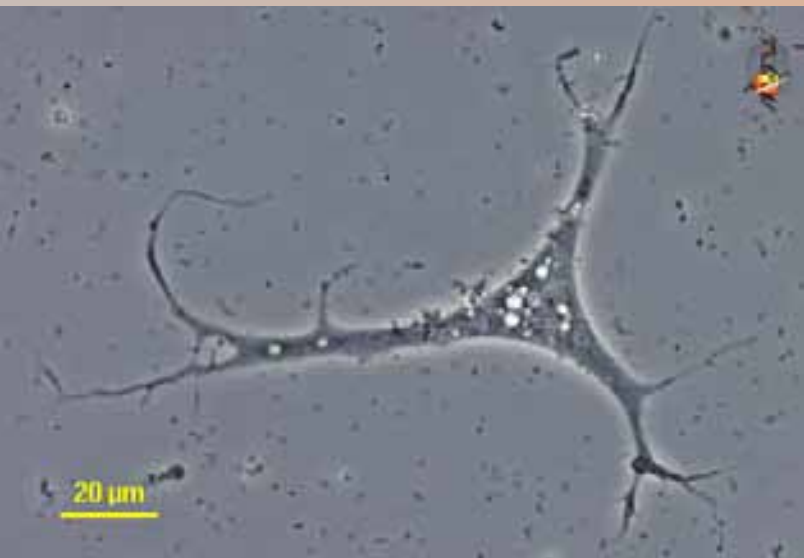
- draví kořenonožci běžně konzumují houby

*Leptomyxa reticulata* vysává obsah hyf

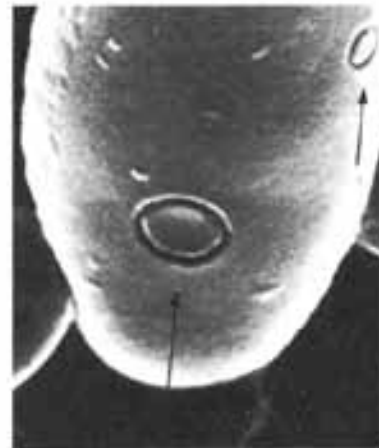
*Arachnula* vysává obsah hyf a spor



[http://microscope.mbl.edu/baypaul/microscope/lucidkeys/Xamoebae/html/LMEB\\_branchbodies.htm](http://microscope.mbl.edu/baypaul/microscope/lucidkeys/Xamoebae/html/LMEB_branchbodies.htm)



<http://starcentral.mbl.edu/microscope/portal.php?pagetitle=assetfactsheet&imageid=69>



(a)



(b)

Fig. 6.3 Destruction of spores by soil amoebae. (a) Conidium of *Cochliobolus sativus* with annulations caused by contact with mycophagous amoebae; (b) conidia with large perforations resulting from removal of discs produced via annulation (from Anderson & Patrick, 1978, © American Phytopathological Society).

Cooke & Whipps (1993)

# Interakce s protisty

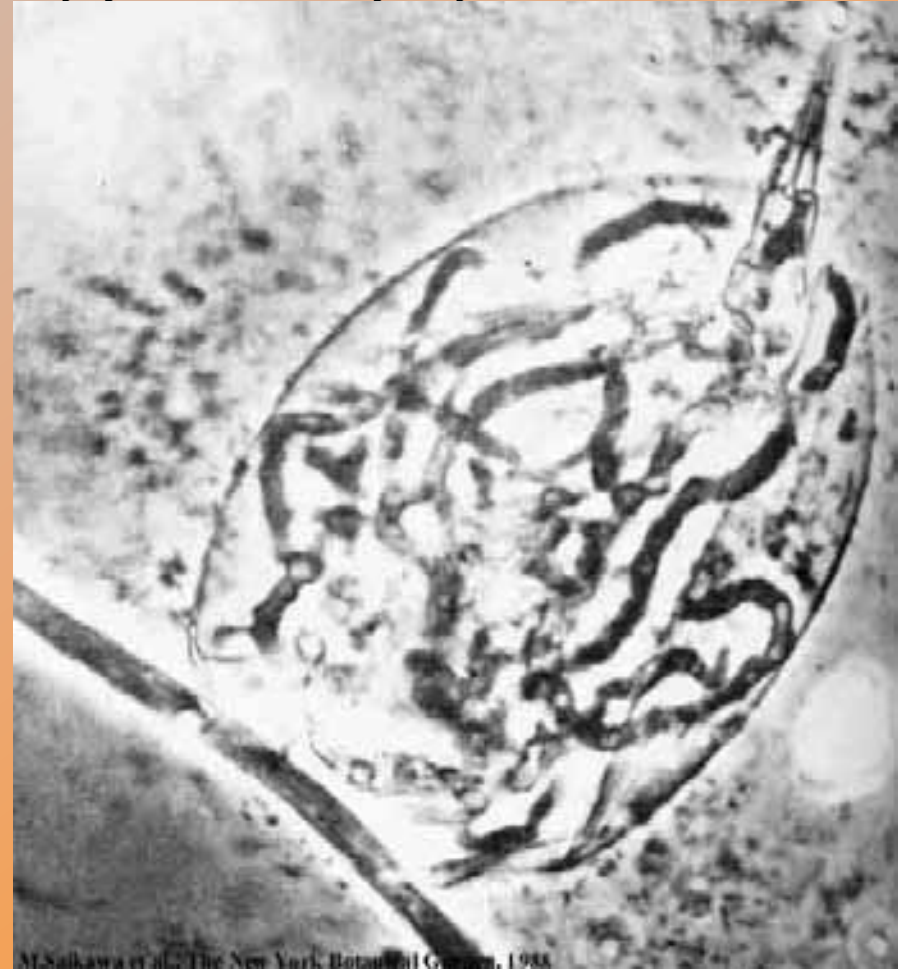
**Plazmódia hlenek** mohou pohlcovat konidie

- plazmódia vylučují chitinázy a byly sledovány, jak konzumují mycelium
- podílí se i na lýzi plodnic bazidiomycetů

## Zoopagales

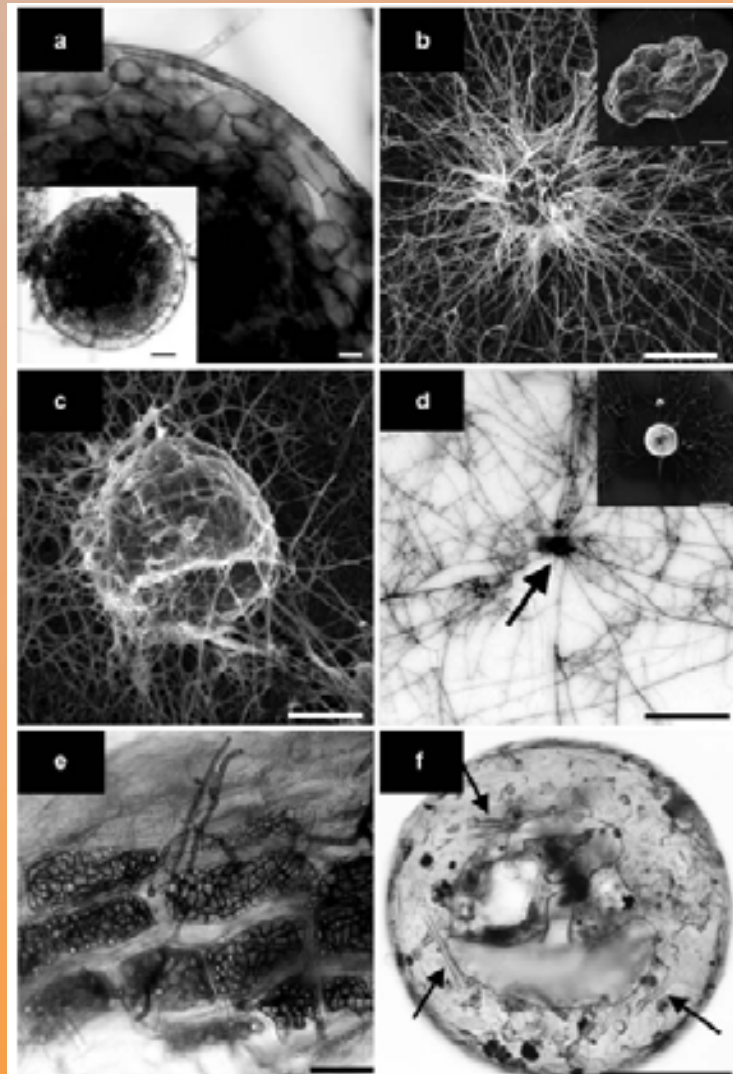
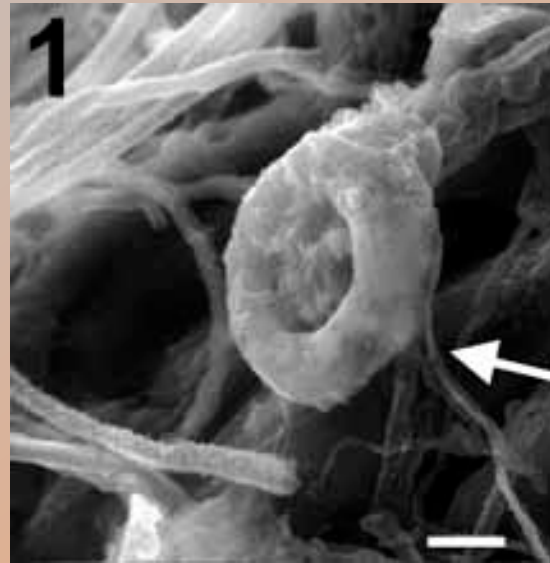
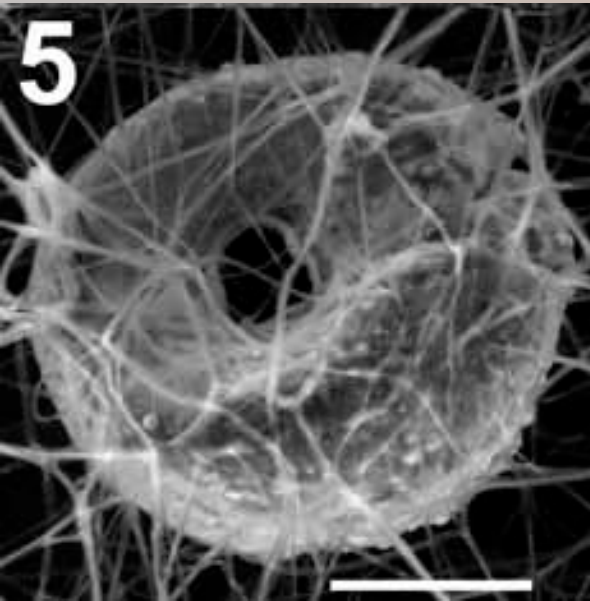
*Acaulopage* chytá měňavky,  
kořenonožce a vířníky

*Acaulopage pectospora*



# Interakce s protisty

- u hyf některých hub tvořících erikoidní mykorhizu byl pozorován kontakt se schránkami krytenek



Microb Ecol  
DOI 10.1007/s00248-008-9402-y

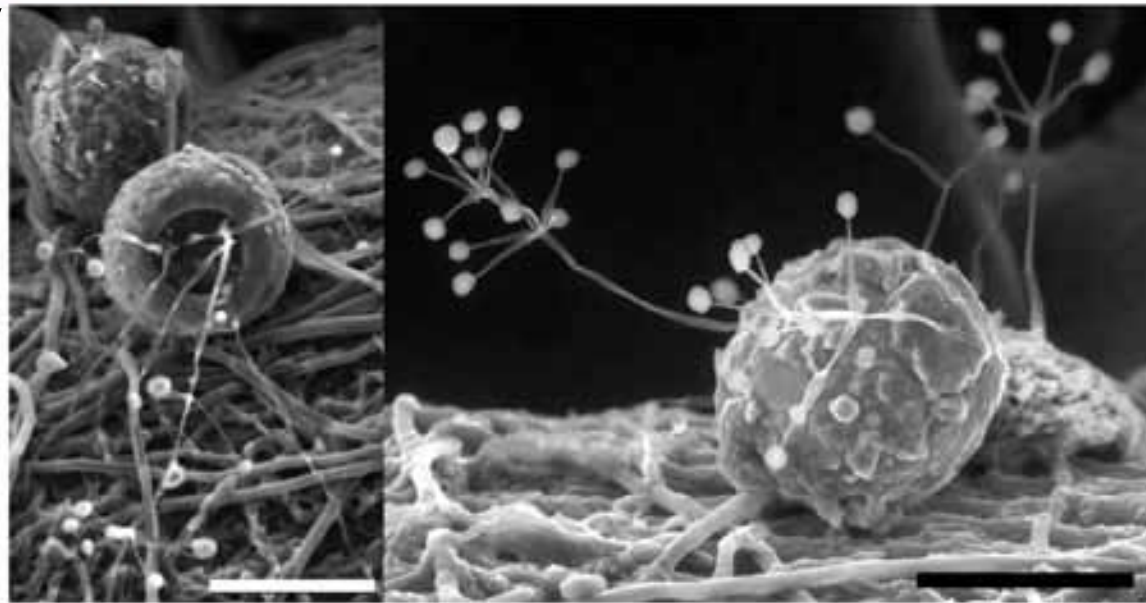
ORIGINAL ARTICLE

**Testate Amoebae (Arcellinida and Euglyphida) vs. Ericoid Mycorrhizal and DSE Fungi: A Possible Novel Interaction in the Mycorrhizosphere of Ericaceous Plants?**

M. Vohník · Z. Burdiková · J. Albrechtová · M. Vosátka

# Interakce s protisty

- *black box*



TRENDS in Ecology & Evolution

**Figure 1.** Testates being utilised by fungi. Continuing, as yet unpublished, work by Martin Vohník and colleagues is showing that testate amoebae might often be colonised by fungi. Here, *Floryganella acropodia* is being colonised by the hyphae of a saprotrophic fungus in a laboratory culture of Scots Pine (*Pinus sylvestris*) needles. Culture studies such as these, combined with field data, should extend our understanding of the role of testate amoebae in nutrient cycling. Scale bar 50  $\mu\text{m}$ . Photo courtesy of the Optical Laboratory of the Institute of Botany ASCR, Průhonice.

## Research Focus

# Testate amoebae and nutrient cycling: peering into the black box of soil ecology

David M. Wilkinson

School of Natural Sciences and Psychology, Liverpool John Moores University, Byrom Street, Liverpool L3 3AF, UK

In some areas of ecology and evolution, such as the behavioural ecology of many well-studied bird species, it is increasingly difficult to make surprising new discoveries. However, this is not the case in many areas of soil and/or microbial ecology. Two recent studies suggest that the testate amoebae, a microbial group unfamiliar to most biologists, might play a much larger role in soil nutrient cycling than has hitherto been suspected.

## The silica cycle

When ecology textbooks describe soil microbiology, it is often in the context of nutrient cycling. One of the cycles

### Box 1. Testate amoebae

Testate amoebae (also known as testate rhizopods or thecamoebians) are protozoa in which the single cell is enclosed within a shell usually referred to as a test, with a size range of 5–300  $\mu\text{m}$  [11]. The tests are usually composed of either self-secreted material – which

# Interakce s protisty

- u hyf některých saprotrofních hub pozitivní asociace s krytenkami

Microb Ecol (2011) 61:660–668  
DOI 10.1007/s00248-010-9777-4

SOIL MICROBIOLOGY

## Interactions Between Testate Amoebae and Saprotrophic Microfungi in a Scots Pine Litter Microcosm

Martin Vohník · Zuzana Burdiková · Aleš Vyhnaň · Ondřej Koukol



Figure 1 The dark *A. lasa* mycelium radiates from a *P. sylvestris* needle (N) and supports the growth of *P. acropodia* (its shells visualized as black dots). Bar corresponds to 1 mm



# Interakce s roztoči a chvostoskoky

- důležité součásti edafonu
- živí se silně rozloženým opadem, řasami, houbami, detritem nebo jsou predátoři
- stále rozporuplné názory, jak silné preference pro substrát (makrofytofágní, mikrofytofágní, panfytofágní, mykofágní, herbivorní, ...)
- řada z nich přímo či nepřímo konzumuje houby

	oribatid mite taxa	feeding guild	food materials
1	<i>Arenus triolii</i> <i>Hypochothonius rufus</i> Oppidae/Suctobelbidae <i>Nothrus silvestris</i> Galumnidae	carnivores/ scavengers/ omnivores	living and dead animals (nematodes, collembolans) and fungi
2	<i>Eriochthonius minutissimus</i> Damaeidae Oribatulidae/Scheloniidae Chamobidae <i>Narthemanina coronata</i> <i>Cephus dentatus</i> <i>Malacocephus</i> spp. <i>Eupelops plicatus</i> <i>Carabodes foveolalis</i> <i>Narthemanina nana</i>	secondary decomposers	predominantly fungi, in part litter
3	<i>Ptyctima</i> <i>Adonistes</i> spp. <i>Oribatella</i> spp. <i>Euretes globulus</i> <i>Liacarus</i> spp. <i>Tectocephus</i> spp. <i>Nothrus palustris</i> <i>Platynocheilus peifferi</i> <i>Carabodes marginatus</i> <i>Achipteria coleoptrata</i>	primary decomposers	predominantly litter
4	<i>Carabodes labyrinthicus</i>	phycophages/ fungivores	lichens and algae



Soil Biology & Biochemistry 36 (2004) 1769–1774

Soil Biology &  
Biochemistry

www.elsevier.com/locate/soilbio

## Trophic niche differentiation in soil microarthropods (Oribatida, Acari): evidence from stable isotope ratios ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ )

Katja Schneider<sup>a,\*</sup>, Sonja Migge<sup>b</sup>, Roy A. Norton<sup>c</sup>, Stefan Scheu<sup>a</sup>, Reinhard Langel<sup>d</sup>,  
August Reineking<sup>d,e</sup>, Mark Maraun<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Institut für Zoologie, Technische Universität Darmstadt, Schnittspalstrasse 3, D-64287 Darmstadt, Germany

<sup>b</sup>Institut für Zoologie und Anthropologie, Universität Göttingen, Abteilung Ökologie, Berliner Strasse 28, 37073 Göttingen, Germany

<sup>c</sup>Faculty of Environmental and Forest Biology, College of Environmental Science and Forestry, State University of New York,  
1 Forestry Drive, Syracuse, NY 13210, USA

<sup>d</sup>Universität Göttingen, Forschungszentrum Waldökosysteme, Kompetenzzentrum 'Stabile Isotope', Büdingweg 2, 37077 Göttingen, Germany




# Interakce s roztoči a chvostoskoky

- zřejmě **choosy generalists** tj., vyberou si co zrovna je, ale *prý* platí:
    - když opad, tak silně rozložený (nízké C:N), tzv. již kolonizovaný houbami
    - když houby, tak **melanizované**
- x není přísná symbióza nebo koevoluce s žádným druhem houby/pancířníka**

x studie nedělali mykologové

Pedobiologia 49 (2005) 61–67



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SCIENCE @ DIRECT®

**Pedo  
biologia**

[www.elsevier.de/pedobi](http://www.elsevier.de/pedobi)

**Feeding preferences among dark pigmented fungal taxa (“Dematiacea”) indicate limited trophic niche differentiation of oribatid mites (Oribatida, Acari)**

Katja Schneider\*, Mark Maraun

Technische Universität Darmstadt, Institut für Zoologie, Schnittspahnstrasse 3, 64287 Darmstadt, Germany

Ten fungal species were offered as food substrates simultaneously to single species of oribatid mites: *Alternaria alternata*, *Bipolaris spicifera*, *Cloridium* sp., *Cladosporium* sp., *Codinea* sp., *Oidiodendron* sp., *Phialophora verrucosa*, *Ulocladium* sp. (all “Dematiacea”), *Mortierella ramanniana* (Zygomycetes) and *Aureobasidium pullulans* (Moniliales). The fungal species were extracted

# Interakce s **roztoči** a chvostoskoky

- *multiple choice feeding test* čili **cafeteria**
- 9 druhů hub a 7 druhů pancířníků



***Oppiella subpectinata***



***Nothrus sylvestris***

# Interakce s roztoči a chvostoskoky

- konzumují raději běžné houby přítomné všude (*Cladosporium*, *Alternaria*, ...)

x ale pokud si mohou vybrat, tak si vybírají a každý něco jiného

Proč se živí **melanizovanými**, když melanin hůře rozložitelný?

Average proportion of individuals or faecal pellets deposited by oribatid mite species on a given fungus (counted from all replicates and time intervals). Groups of fungi and control sterile needles with the same letters have insignificant difference in preference of given mite (GLM, P < 0.05). The category "wanderers" indicates mites walking on plates. Abbreviation: Nk - the category was excluded from the analysis because of irregularity in data

Fungal species	Oribatid mite species						
	<i>A. ovata</i> (%)	<i>S. ventilloides</i> (%)	<i>E. silvatica</i> (%)	<i>P. apicola</i> (%)	<i>N. silvatica</i> (%)	<i>E. melanocarpa</i> (%)	<i>O. subopacum</i> (%)
<b>Category I - individuals</b>							
<i>C. herbicola</i>	10.1 <sup>a</sup>	17.3 <sup>a</sup>	30.8 <sup>a</sup>	35.2 <sup>a</sup>	22.1 <sup>a</sup>	26.2 <sup>a</sup>	46.3 <sup>a</sup>
<i>O. griseum</i>	1.4 <sup>b</sup>	4.8 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	39.8 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>	4.3 <sup>b</sup>
<i>C. pinastri</i>	10.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	5.5 <sup>b</sup>	2.0 <sup>b</sup>	34.8 <sup>a</sup>	5.0 <sup>b</sup>	2.0 <sup>b</sup>
<i>V. trichinum</i>	6.1 <sup>b</sup>	16.2 <sup>a</sup>	5.8 <sup>b</sup>	7.8 <sup>b</sup>	15.1 <sup>b</sup>	8.8 <sup>b</sup>	10.5 <sup>b</sup>
<i>S. acicola</i>	4.4 <sup>b</sup>	7.7 <sup>b</sup>	13.2 <sup>a</sup>	2.2 <sup>b</sup>	5.3 <sup>b</sup>	4.7 <sup>b</sup>	5.4 <sup>b</sup>
<i>M. anisoporus</i>	0.0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>c</sup>	2.7 <sup>b</sup>	3.4 <sup>b</sup>	2.3 <sup>b</sup>	5.4 <sup>b</sup>
sterile needles	2.4 <sup>b</sup>	2.0 <sup>b</sup>	1.0 <sup>b</sup>	0 <sup>na</sup>	0 <sup>na</sup>	4.2 <sup>b</sup>	0.0 <sup>b</sup>
"wanderers"	46.7	45.4	53.2	9.7	30.5	38.5	21.1
<b>Category II - individuals</b>							
<i>C. pinastri</i>	5.1 <sup>a</sup>	10.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>
<i>A. lycopersiae</i>	16.2 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>	23.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	28.0 <sup>a</sup>
<i>H. dematioides</i>	20.3 <sup>a</sup>	12.5 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	28.4 <sup>a</sup>	11.3 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>
<i>S. sphegocicula</i>	10.3 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	30.6 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	13.2 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>
<i>V. trichinum</i>	6.0 <sup>a</sup>	43.8 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	24.8 <sup>a</sup>	13.2 <sup>a</sup>	17.0 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>
<i>S. acicola</i>	8.9 <sup>a</sup>	38.8 <sup>a</sup>	20.2 <sup>a</sup>	25.0 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	13.4 <sup>a</sup>
<i>M. anisoporus</i>	0 <sup>na</sup>	0 <sup>na</sup>	4.2 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>
sterile needles	2.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0 <sup>na</sup>	0 <sup>na</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0 <sup>na</sup>	1.2 <sup>a</sup>
"wanderers"	30.8	1.0	20.2	13.7	23.6	39.6	12.2
<b>Category III - faecal pellets</b>							
<i>C. pinastri</i>	4.1 <sup>a</sup>	13.3 <sup>a</sup>	11.7 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>		
<i>A. lycopersiae</i>	15.4 <sup>a</sup>	16.3 <sup>a</sup>	36.6 <sup>a</sup>	8.7 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>		
<i>H. dematioides</i>	33.0 <sup>a</sup>	17.1 <sup>a</sup>	36.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	52.4 <sup>a</sup>		
<i>S. sphegocicula</i>	21.7 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	11.7 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	16.3 <sup>a</sup>		
<i>V. trichinum</i>	3.0 <sup>a</sup>	32.0 <sup>a</sup>	8.8 <sup>a</sup>	8.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>		
<i>S. acicola</i>	12.1 <sup>a</sup>	16.8 <sup>a</sup>	25.5 <sup>a</sup>	36.9 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>		
<i>M. anisoporus</i>	1.9 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	0.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>		
sterile needles	1.0 <sup>a</sup>	0.3 <sup>a</sup>	0.7 <sup>a</sup>	0.5 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>		
<b>Consumption - faecal pellets</b>							
<i>C. herbicola</i>	17.2 <sup>a</sup>		8.2 <sup>a</sup>				
<i>O. griseum</i>	5.4 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>				
<i>C. pinastri</i>	10.2 <sup>a</sup>	12.0 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>				
<i>A. lycopersiae</i>	14.4 <sup>a</sup>	8.7 <sup>a</sup>	22.5 <sup>a</sup>				
<i>H. dematioides</i>	11.8 <sup>a</sup>	12.1 <sup>a</sup>	21.2 <sup>a</sup>				
<i>S. sphegocicula</i>	15.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>				
<i>V. trichinum</i>	4.2 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>				
<i>S. acicola</i>	12.2 <sup>a</sup>	12.5 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>				
<i>M. anisoporus</i>	4.7 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	1.1 <sup>a</sup>				
sterile needles	4.4 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>				

Soil Biology & Biochemistry 41 (2007) 1134–1139

Contents lists available at ScienceDirect

Soil Biology & Biochemistry

Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/sbb](http://www.elsevier.com/locate/sbb)



Do oribatid mites (Acari: Oribatida) show a higher preference for ubiquitous vs. specialized saprotrophic fungi from pine litter?

Ondřej Koukol<sup>a,\*</sup>, Jan Maurek<sup>b,c</sup>, Zdeněk Janovský<sup>a</sup>, Kristyna Černá<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Palacký University, Faculty of Science, Department of Botany, Brnostrada 2, CZ-602 00 Párag, Czech Republic

<sup>b</sup>Charles University, Faculty of Science, Department of Zoology, Vinohrady 7, CZ-128 44 Párag, Czech Republic

<sup>c</sup>Václav Hlavský University of Education, Department of Biology and Environmental Education, Al. D. Bělehrádky 6, CZ-190 28 Párag, Czech Republic

# Interakce s roztoči a chvostoskoky

## **Další funkce**

- roznášejí spory VAM a saprotrofních hub v trávicím traktu a na povrchu
- udržují diverzitu hub v půdě
- pomáhají zřejmě v regeneraci mikrobiálního společenstva
- šíří toxinogenní houby ve skladech
  
- častým druhem asociovaným s pancířníky je *Beauveria bassiana* (chitinolytická!)

Microbial  
Ecology

## Oribatid Mites as Potential Vectors for Soil Microfungi: Study of Mite-Associated Fungal Species

C. Renker<sup>1</sup>, P. Otto<sup>2</sup>, K. Schneider<sup>3</sup>, B. Zimdars<sup>1</sup>, M. Maraun<sup>3</sup> and F. Buscot<sup>1</sup>

(1) Territorial Biology, Institute of Botany, University of Leipzig, Johannisallee 21, D-04103, Leipzig, Germany  
(2) Systematic Botany, Institute of Botany, University of Leipzig, Johannisallee 21, D-04103, Leipzig, Germany  
(3) Institute of Zoology, Darmstadt University of Technology, Schmittstraße 3, D-64287, Darmstadt, Germany



Applied Soil Ecology 9 (1998) 175–181

Applied  
Soil Ecology

## Oribatid mites enhance the recovery of the microbial community after a strong disturbance

Mark Maraun<sup>a,\*</sup>, Suzanne Visser<sup>b</sup>, Stefan Scheu<sup>c</sup>

<sup>a</sup>IL Zoologisches Institut, Abteilung Ökologie, Berliner Straße 28, 37073 Göttingen, Germany

<sup>b</sup>University of Calgary, Department of Biology, 2500 University Drive NW, Calgary, Alberta, Canada T2N 1N4

<sup>c</sup>TU Darmstadt, Institut für Zoologie, Schnittspahnstraße 3, 64287 Darmstadt, Germany



Experimental and Applied Acarology 29: 69–87, 2003.

© 2003 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

## Mites as selective fungal carriers in stored grain habitats

JAN HUBERT<sup>1,\*</sup>, VÁCLAV STEJSKAL<sup>1</sup>, ALENA KUBÁTOVÁ<sup>2</sup>,  
ZUZANA MUNZBERGOVÁ<sup>2,3</sup>, MARIE VÁŇOVÁ<sup>2</sup>  
and EVA ŽDÁRKOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Crop Production, Drnovská 507, Prague 6, CZ-161 06 Prague, Czech Republic

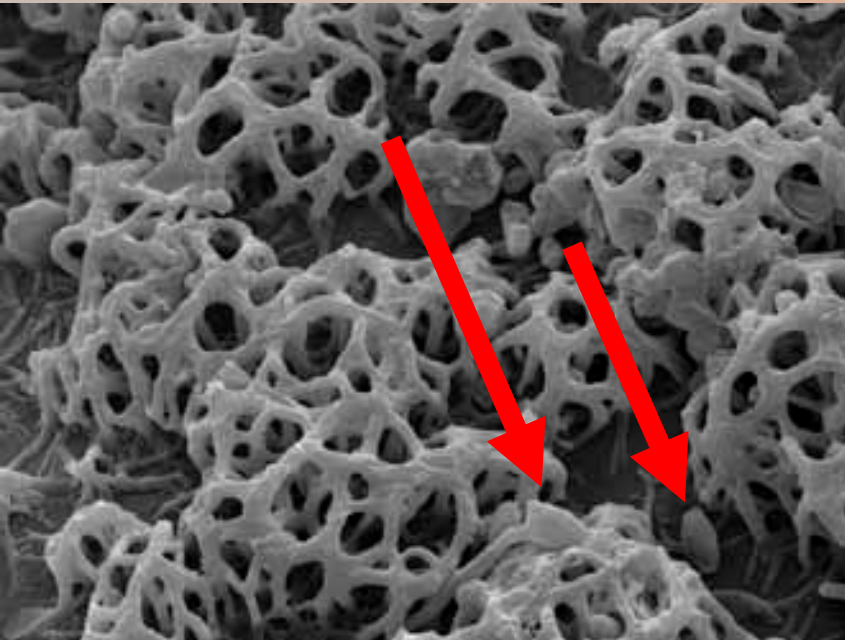
<sup>2</sup>Department of Botany, Faculty of Science, Charles University, Benátská 2, 128 01 Prague 2, Czech Republic

<sup>3</sup>Botanical Institute AS, 258 02 Příhonic, Czech Republic

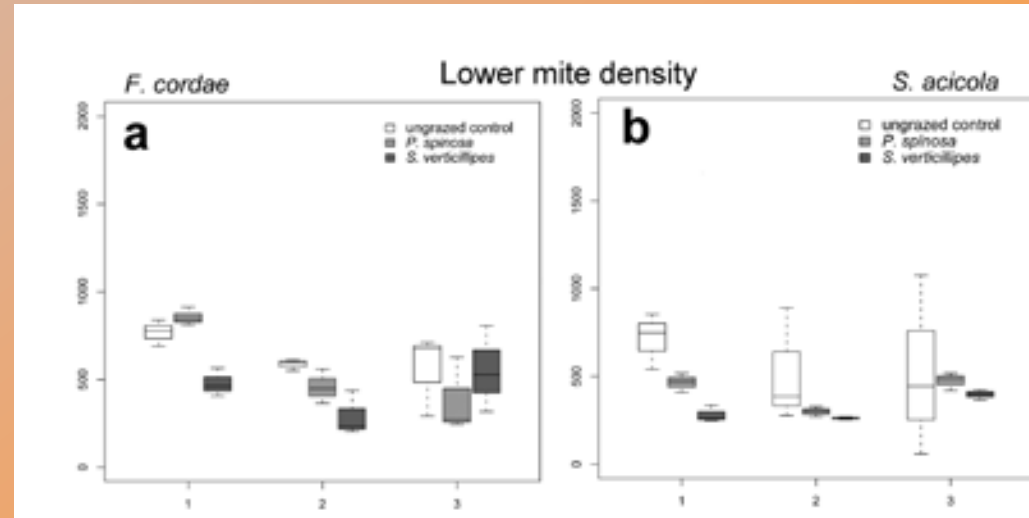
# Interakce s roztoči a chvostoskoky

## *Další funkce*

- roznášejí spory VAM a saprotrofních hub v trávicím traktu a na povrchu
- udržují diverzitu hub v půdě, pomáhají zřejmě v regeneraci mikrobiálního společenstva
- **fragmentací mycelia** mohou pomáhat rozšiřovat askomycety (?)



*Belba bartosii* cerotegument  
© Mourek 2007



# Interakce s roztoči a chvostoskoky

## Další funkce

- okusem ovlivňují růst některých druhů bazidiomycetů
- ovlivňují enzymy produkované houbami



Invertebrate grazing determines enzyme production by basidiomycete fungi

Thomas W. Crowther<sup>a</sup>, I. Heffn Jones<sup>a</sup>, Lynne Boddy<sup>a,b</sup>, Petr Baldrian<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Cardiff School of Biosciences, Cardiff University, Cardiff CF10 3AT, UK

<sup>b</sup>Institute of Environmental Microbiology, Institute of Microbiology of the Czech Academy of Sciences, 370 00 Brno, Czech Republic



Collembolan grazing affects the growth strategy of the cord-forming fungus *Hypholoma fasciculare*

Christian Kampchler<sup>a,b</sup>, Johann Rolschewski<sup>a</sup>, Damian P. Donnelly<sup>b</sup>, Lynne Boddy<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Soil Biology and Ecology Laboratory, Freie Universität Berlin, Grisebachstrasse 24, D-12749 Berlin, Germany

<sup>b</sup>Cardiff School of Biosciences, Cardiff University, PO Box 917, Cardiff CF10 3AT, UK

Received 11 June 2003; received in revised form 20 November 2003; accepted 11 December 2003

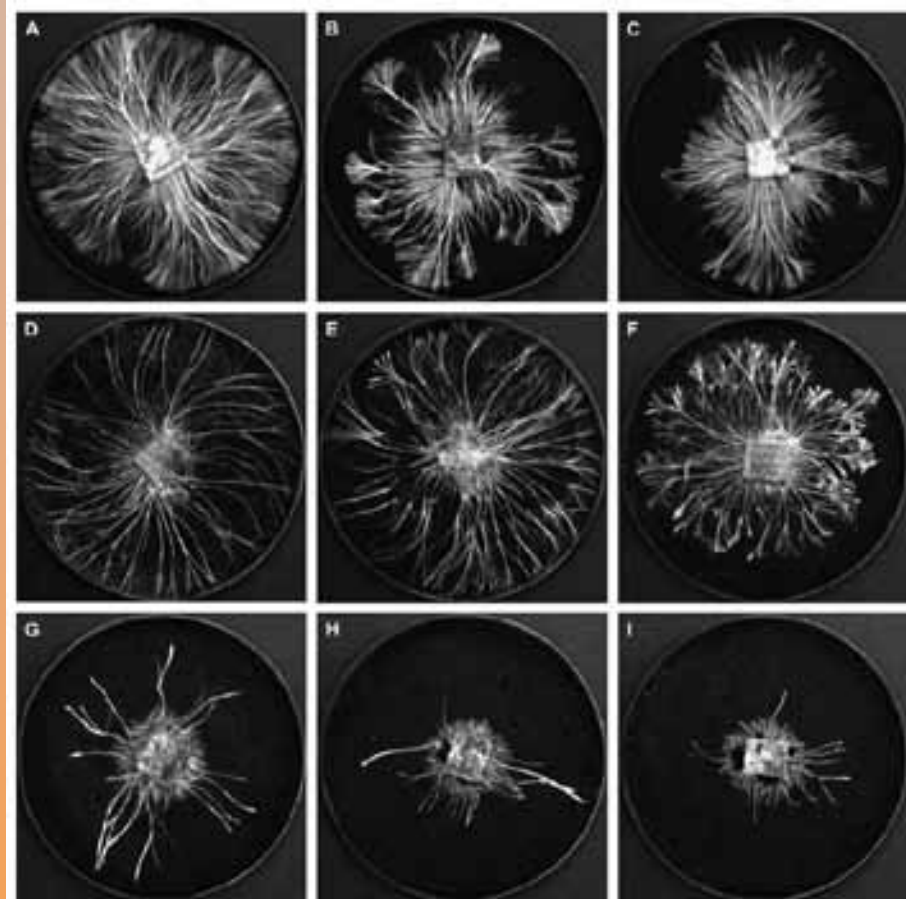


Fig. 3 – Digital images showing effects of grazing intensity by *Folsomia candida* on mycelial systems (8 cm diam. at time of addition of Collembola) of *Hypholoma fasciculare* (A–C), *Phaeoarchaea velutina* (D–F) and *Basidiarius bicolor* (G–I) 10 d, 10 d and 4 d, respectively, after addition of Collembola. A, D and G, 0 Collembola; B, E and H, 20 Collembola; and C, F and I, 40 Collembola per dish. Dishes were 16 cm diam. and contained non-sterile, compressed soil.

# Interakce s roztoči a chvostokoky

## *Další funkce*

- okusem stimulují růst některých druhů **bazidiomycetů**, odstraňují staré hyfy (*stimulující* a *kompensační* růst)
- mobilizují živiny (močovina)

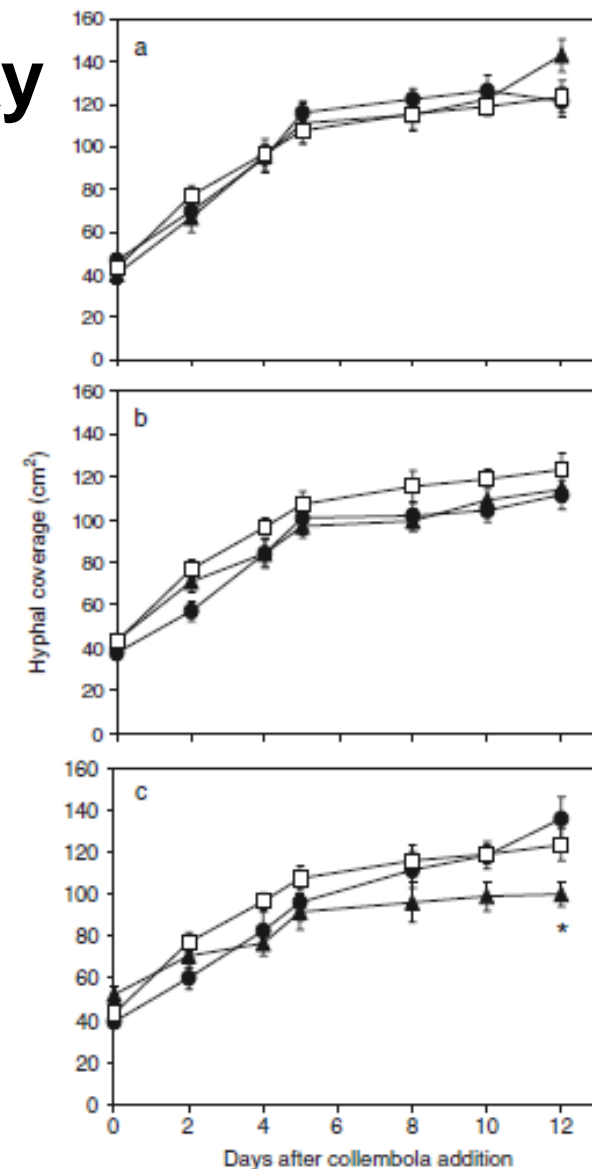


Fig. 4. Change in *Phanerochaete velutina* hyphal coverage with time in mycelial systems grazed by 20 (a), 40 (b) or 80 (c) collembola compared with ungrazed systems. □ ungrazed; ▲ continuously grazed; ● grazed for 2 days then grazing ceased. Repeated measures ANOVA revealed a significant ( $F_{26,1712} = 2.871$ ,  $P < 0.001$ ) time  $\times$  treatment interaction, but no overall treatment effect (i.e. irrespective of time) ( $F_{6,63} = 1.897$ ,  $P = 0.095$ ). \*Significant difference ( $P = 0.002$ ) between continuously grazed and grazed for 2 days.

## Compensatory growth of *Phanerochaete velutina* mycelial systems grazed by *Folsomia candida* (Collembola)

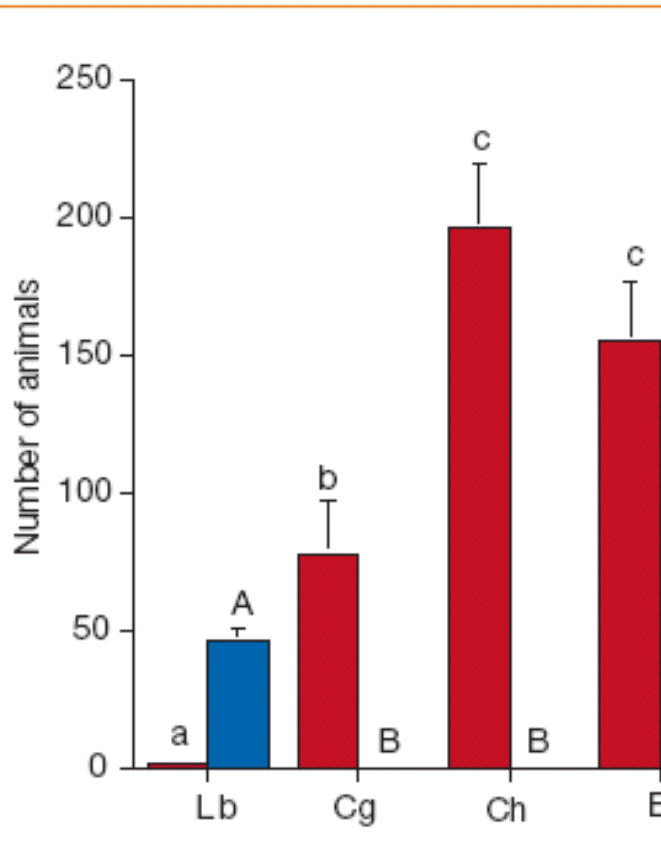
Sam Bretherton, George M. Tordoff, T. Hefin Jones & Lynne Boddy

Cardiff School of Biosciences, Cardiff, Wales, UK



# Interakce s roztoči a chvostokoky

- ECM houby si dovedou chvostokoky lovit



*Klironomos & Hart (2001) – Nature!*



# Interakce s dalšími bezobratlými

- **hlísti** (nematofágní houboví predátoři)

*... bude později*

- **hmyz** (ambroziové houby, houby asociované s kůrovci, vosičky podílející se na rozšiřování bazidiomycetů, termiti a mravenci pěstující si vlastní houby, mykofágní hmyz, ...)

*... bude později*

# Mykofágní bezobratlí

- hlenky slouží jako potrava pro některé druhy plžů (závornatky)



© H. Deckerová 2009



# Interakce s obratlovci

## Obratlovci vytvořili spoustu nových habitatů pro houby

- *Dipodomys spectabilis* hromadí zásoby semen, které jsou kolonizovány netoxinogenními druhy rodu *Penicillium*
- selekce na netoxinogenní druhy umožňuje přežít oběma



# Interakce s obratlovci

- koprofilní, amoniové a houby kolonizující zdechliny (*postputrefaction fungi*)
- často asociovány s vyšším výskytem obratlovců

- využití ve forenzní vědě?
- x nestejná doba fruktifikace, závislost na vlhkosti, teplotě

Table 2. Fruiting stage, trigger material, habitat and location of recorded postputrefaction fungi.

Fungal species	Trigger Material	Dominant Vegetation	Location	Reference
<b>Early Fruiting Stage</b>				
<i>Rhizoglyphus fragilis</i>	cadaver	not stated	not stated	Sagara (1975, 1995)
<i>Amblyosporium botrytis</i>	midden	not stated	not stated	Sagara (1995)
<i>Ascomobolus donulatus</i>	cadaver, urine, faeces	<i>Pinus densiflora</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1975, 1995)
<i>Ascomobolus hamenii</i>	cadaver, faeces	<i>Pinus-Chamaecyparis</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1995)
<i>Tephroclype miquorum</i>	cadaver, urine, faeces	<i>Pinus densiflora</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1995)
<i>Peziza (?) sp.</i>	cadaver, urine, faeces	<i>Pinus-Chamaecyparis</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1975, 1995)
<i>Peziza mortuicili</i>	cadaver, urine, faeces	not stated	not stated	Sagara (1975, 1995)
<i>Copraeus neolagopus</i>	cadaver	not stated	not stated	Sagara (1995)
<i>Copraeus phycitidisporus</i>	cadaver	not stated	not stated	Sagara (1995)
<i>Copraeus streptotarius</i>	faeces	<i>Pinus-Quercus</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1995)
<i>Crucibopsis rhombogermia</i>	excrement	not stated	not stated	Sagara (1995)
<i>Humaria velinovskii</i>	excrement	<i>Pinus-Chamaecyparis</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1975)
<b>Late Fruiting Stage</b>				
<i>Hebeloma vinosphyllum</i>	cadaver	<i>Castanopsis cuspidata</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1976)
	cadaver	<i>Pinus densiflora</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1976)
	cadaver	<i>Quercus serrata</i>	Saitama, Japan	Fukiharu et al. (2000b)
	avian cadaver	<i>Quercus serrata</i>	Tokyo, Japan	Fukiharu et al. (2000a)
<i>Hebeloma aminophyllum</i>	cadaver	<i>Eucalyptus</i> spp.	Western Australia	Hilton (1978); Miller & Hilton (1986)
<i>Hebeloma speditum</i>	mammalian cadaver	<i>Pinus densiflora</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1995)
	wasp nest	<i>Castanopsis cuspidata</i>	Kyoto, Japan	Sagara et al. (1985)
	mole midden	<i>Quercus serrata</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1978, 1980)
	mole midden	<i>Pinus densiflora</i>		
		<i>Quercus serrata</i>	Aichi, Japan	Sagara (1981)
	mammalian cadaver	<i>Quercus serrata</i>	Tokyo, Japan	Fukiharu et al. (2000a)
<i>Hebeloma radicosoides</i>	wasp nest	<i>Castanopsis cuspidata</i>	Kyoto, Japan	Sagara et al. (1985)
	mole midden	<i>Quercus serrata</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1978, 1980)
	mole midden	<i>Pinus-Quercus</i>	Aichi, Japan	Sagara (1981)
	mole midden	<i>Pinus densiflora</i>	New Forest, England	Sagara et al. (1980)
	mouse midden	N/A	Switzerland	Sagara et al. (1988)
	mammalian cadaver	<i>Pinus densiflora</i>	Aichi, Japan	Kuroyanagi et al. (1982)
<i>Hebeloma radicosum</i>	mole midden	<i>Fagus</i> sp. <i>Quercus</i> sp.	Kyoto, Japan	Sagara et al. (1993b)
	mole midden	<i>Quercus</i> sp. <i>Carpinus</i> sp.	Kyoto, Japan	Sagara et al. (1993b)
<i>Hebeloma syrjense</i>	cadaver	N/A	North America	Lincoff (1981)
<i>Lactarius chrysorrhoeus</i>	mammalian cadaver	<i>Pinus densiflora</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1995)
	urine, faeces, midden	not stated	not stated	Sagara (1995)
<i>Lactaria bicolor</i>	mammalian cadaver	<i>Pinus densiflora</i>	Kyoto, Japan	Sagara (1981)
	excrement, midden	not stated	not stated	Sagara (1995)
<i>Lactaria amyloclava</i>	cadaver	not stated	not stated	Sagara (1995)
<i>Lactaria</i> spp.	cadaver, midden	not stated	not stated	Sagara (1995)
<i>Lepista nuda</i>	excrement	not stated	not stated	Sagara (1995)
<i>Sclerium lewisii</i>	raccoon midden	not stated	not stated	Sagara (1995)
<i>Sclerium bovisum</i>	raccoon midden	not stated	not stated	Sagara (1995)
<i>Mitrella</i> sp.	faeces, cadaver	not stated	not stated	Sagara (1995)

Tibbett & Carter (2003)

# Interakce s obratlovci

**Obratlovci vytvořili spoustu nových**

- *Hebeloma radicosum* vyrůstá z  
(především z míst kam chodí vy



*Sagara (1995)*  
*Takayama (1985)*

# Interakce s obratlovci

## Obratlovci vytvořili spoustu nových

- *Hebeloma radicosum* vyrůstá z pod  
(především z míst kam chodí vylučo



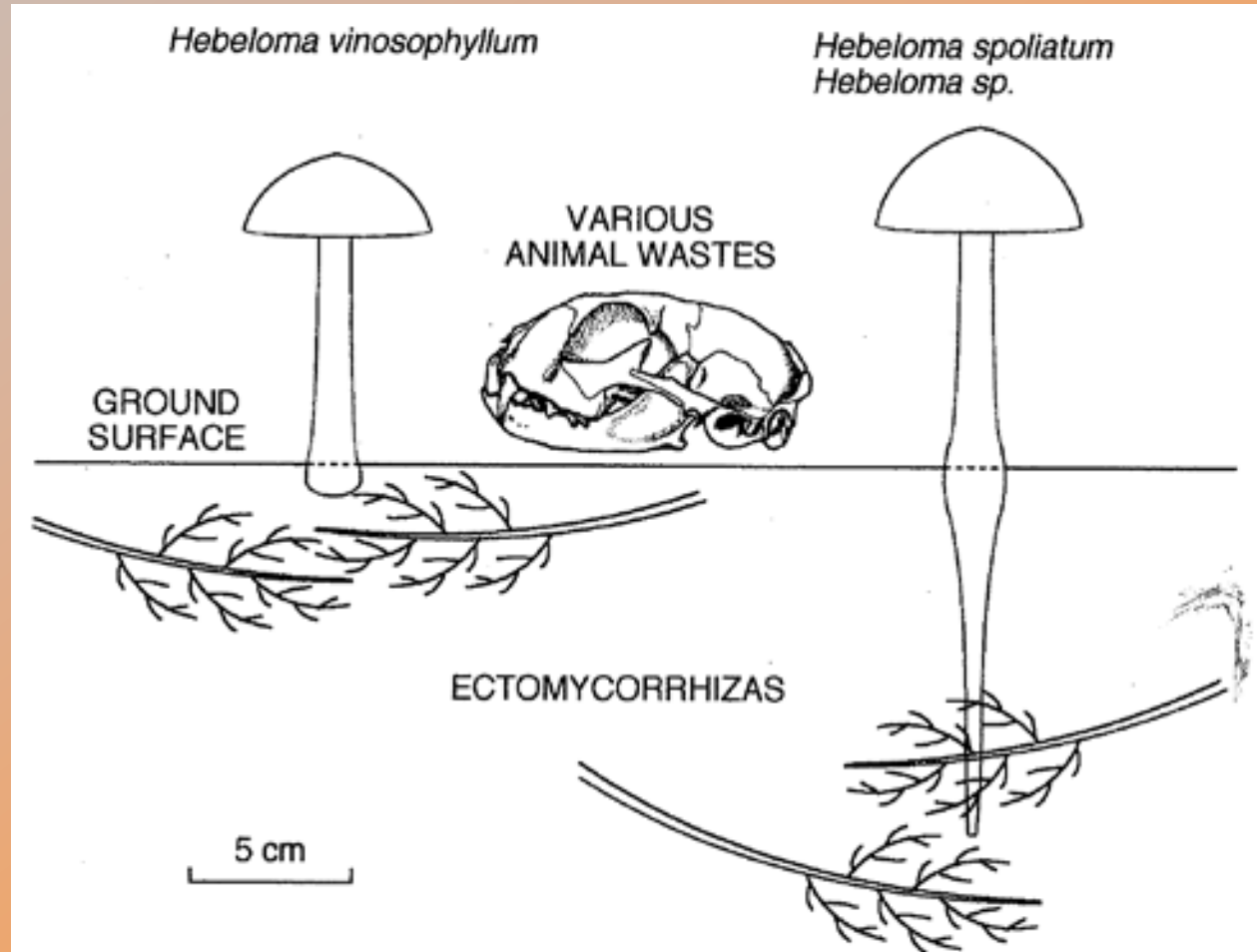
**Figs. 1–6.** *Hebeloma radicosum* and wood-mouse nest in Switzerland. **1** Case 1. Soil profile showing *H. radicosum* (*H*) fruiting on the mouse latrine (*L*) near the mouse nest (*N*). The film container (*M*) marks the previous fruiting on October 12, 1997. The thick lines on the folding scale are at 10-cm intervals, the same scale is seen in **3** and **4**. Photograph on November 21, 1997. **2**, **3** Case 2. **2** Point of *H. radicosum* fruiting (*M*) and the beech forest as a habitat of the fungus and the wood mouse. **3** Soil profile under the fruiting point (*M*), showing the mouse nest (*N*) and a part of the accumulated food remains (*F*). Photographs on November 22, 1997. **4–6** Case 3. **4** Soil profile under the point of *H. radicosum* fruiting (*M*), showing the mouse nest (*N*) and a part of the accumulated food remains (*F*). **5** Nest collected from this profile, with its cavity (*C*); the resting and sleeping place) unveiled by removal of the ceiling leaves. **6** A part of the food remains collected from the same profile, showing beechnut shells therein. Photographs **4** and **5**, November 23, 1997; **6**, April 26, 1998. Bars 5 50 mm; 6 10 mm.

# Interakce s obratlovci

## I mrtví obratlovci přispívají k tvorbě nových habitatů

- řada druhů hub vázaná tvorbou plodnic na místa s mrtvolkami

*Hebeloma spoliatum*  
= *corpse finder*



Sagara (1995)

# Mykofágní obratlovci

## ***Mykofágie***

- řada obratlovců je mykofágních, žíví se plodnicemi hub
- podobné jako u bezobratlých

## ***obligátní mykofágové***

- žíví se výhradně houbami

## ***preferenční mykofágové***

- žíví se výhradně houbami po určitou část roku

## ***příležitostní mykofágové***

- občas se přiživí na houbách

## ***náhodní mykofágové***

- pozřou houbu spolu s jinou stravou, většinou tedy neúmyslně



# Mykofágní obratlovci

## *obligátní mykofágové*

- *Clethrionomyces californicus*

- živí se podzemními plodnicemi ECM hub; když nejsou, tak lišejníky spadlé na zem

- musí mít plodnice po celý rok

= pobřežní vlhké lesy v Oregonu a S Californii



# Mykofágní obratlovci

## *obligátní mykofágové*

- *Potorous longipes*
- žije vzácně v eukalyptových lesích JV Austrálii
- plodnice hub tvoří >90% denní stravy



<http://www.arkive.org/media/EE/Presentation.Large/photo.jpg>

© Dave Watts

# Mykofágní obratlovci

## ***preferenční mykofágové***

- u některých pozemních hlodavců mohou tvořit plodnice až 100 % stravy v průběhu určitého období (léto, podzim)
- *Bettongia gaimardii* (klokánek králíkovitý) převážně mykofágní po celý rok



# Mykofágní obratlovci

- velmi šikovní ve vyhledávání
  - = ve výkalech nalezeny spory z cca 50 druhů podzemních hub, řada z nich vůbec nenalezena při mykologických průzkumech
- vůně obsahují alkoholy, ketony a estery (dimethyl sulfid)
- někdy je důležitá směs, než jednotlivé látky
- mechanismus lákání není znám, mohou to být analogy pohlavních hormonů, ale ne vždy

# Mykofágní obratlovci

**Mohou savci pomáhat při rozšiřování houby?**

druhy s podzemními plodnicemi nemohou rozšiřovat své spory větrem

x jsou v teplotně a vlhkostně stabilnějším prostředí, lákají své konzumenty  
vůní – vyhrábávání šetří energii houby na rozšiřování spor

*Glaucomys sabrinus*

x

*Elaphomyces granulatus*



# Mykofágní obratlovci

## Mohou savci pomáhat při rozšiřování hub?

- spory často nejsou poškozeny po průchodu traktem, někdy to i stimuluje
- trus některých zvířat vhodný pro experimentální inokulaci skleníkových rostlin

x pro úspěšnou kolonizaci semenáčku ale efektivnější mycelium v půdě

*Glaucomys sabrinus*

x

*Elaphomyces granulatus*



# Mykofágní obratlovci

## Příležitostní mykofágové

*Ursus arctos horribilis*

- houby činí 1-7 % potravy
- hřibovité (*Suillus* spp.), holubinkovité (*Russula* spp.), druhy s podzemní plodnicí (*Rhizopogon*) a pýchavka (*Calvatia*)
- nejvíce „houbaří“ na podzim (září)



# Mykofágní obratlovci

## Příležitostní mykofágové

- průchod zažívacím traktem u některých druhů stimuluje klíčení spor
- vliv na šíření, stimulaci klíčení spor?





# Mykofágní obratlovci

Příležitostní mykofágové

*Homo sapiens*



<http://www.nasehory.cz/fotosoutez06/048.jpg>



[http://img.ihned.cz/attachment.php/20/15784020/ait34CEF7ILMOKlbcdfghxz0TUw2ARVm/90831\\_tema\\_houby\\_houbar\\_m.jpg](http://img.ihned.cz/attachment.php/20/15784020/ait34CEF7ILMOKlbcdfghxz0TUw2ARVm/90831_tema_houby_houbar_m.jpg)



<http://www.vojnuvmestec.cz/upload/2004-07-27-09-29-04-a.jpg>

# Mykofágní obratlovci

## Príležitostní mykofágové

- i Yeti je zřejmě příležitostný mykofág!!!

### 喜马拉雅灰包菇——相传是“喜马拉雅雪人”的一种食物\*

臧穆<sup>1</sup> 土居祥兑<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院昆明植物研究所热带植物标本馆, 昆明 650204)

(<sup>2</sup>日本国立科学博物馆植物部, 东京 160)

**摘要** 喜马拉雅灰包菇 *Secotium himalaicum* Zang et Doi, 由 Dr. Teizo Ogawa 采于尼泊尔境内的喜马拉雅山带, 据当地居民云, 该菌为喜马拉雅雪人的一种食物。所谓雪人可能是高山雪线一带的动物。本文对该菌的分类特征和雪人的有关讨论作了介绍。原模式存日本国立科学博物馆。

**关键词** 喜马拉雅灰包菇, 喜马拉雅雪人

### SECOTIUM HIMALAICUM SP. NOV. FROM NEPAL—A FOLKLORE CONCERNING THE FOOD OF ABOMINABLE SNOWMAN

ZANG Mu<sup>1</sup> Yoshimichi DOI<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Cryptogamic Herbarium, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204)

(<sup>2</sup>The Mycological Herbarium, National Science Museum, Tokyo 160, JAPAN)

**Abstract** While examining herbarium material kept in the Mycological Herbarium, National Science Museum, Tokyo, Japan (TNS) and recent field collection. One new taxon *Secotium himalaicum* Zang et Doi was collected from elliptical, subfusiform, thick-walled, hyaline basidiospores (14.3—19.5 × 6—7.5 μm) and lamellar gleba, the gleba is cellular, but as maturity is approached the elongate cavities and assumes the gill appearance. It is close to *Secotium agaricoides*. (Czerniaiev) Hollos, but differs in the much larger size of the basidiospores, the latter about the size of spores is smaller, only 5—9 μm diameter.

The new taxon, on such dry specimens is a kind of food of Abominable snowman that has strengthened been credulity by the legends current among the Tibetan people and the Sherpa natives. Abominable snowman (Mi-te of Chinese Tibetan; Yeti of Sherpa natives, Nepal) is a mythical monster supposed to inhabit the Himalayas at about the high level of the snowline. Several specimens of hair alleged to have come from Abominable snowman have proved on scientific examination to be hairs of bears, antelopes, yaks or other well-known animals. However, the story of local bogymen is usually take delight in talking about this mythical monster in Himalayan mountain areas by people. Although no one has ever seen an Abominable snowman, yet the fungus it may be is an edible one.

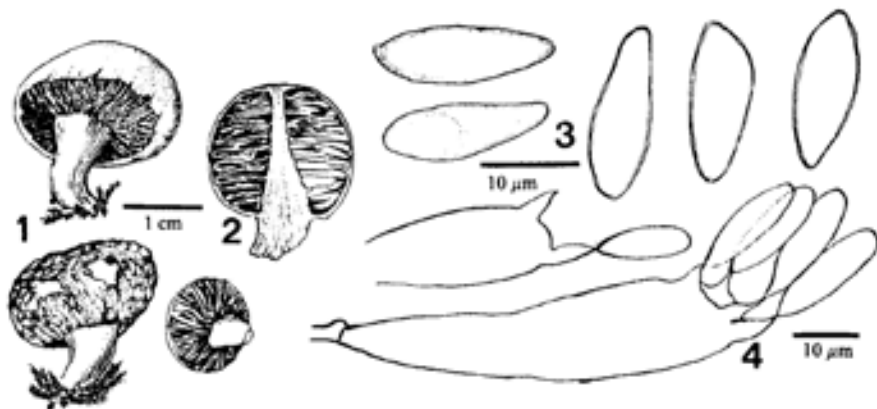


图1 喜马拉雅灰包菇 1. 担子果; 2. 担子果纵切面; 3. 担孢子; 4. 担子和担孢子。

Fig. 1. *Secotium himalaicum* Zang et Doi, sp. nov.

# Mykofágní obratlovci

- konzumace hlavně čerstvých plodnic, ale někteří obratlovci si houby uchovávají sušené
- obligátní mykofágové mají uzpůsobené střevo k trávení i buněčné stěny hub
- symbiotické anaerobní mikroorganismy  
= získávají maximum živin z hub
- ostatní hlavně vodu, proteiny, aminokyseliny, vitamíny, ...

# Interakce s obratlovci

## Datli a strakapoudi se podílí na rozšiřování dřevokazných hub

ohňovec borový *Phellinus pini* + strakapoud kokardový *Picoides borealis*

- strakapoud hnízdí v dutinách které vytváří ve stromech s **jádrovým dřevem** změkklým působením dřevokazné houby (nemusí tolik dlabat a přitom je hnízdo stále chráněno tvrdým bělem)

- strakapoud pravděpodobně pomáhá rozšiřovat houbu



+



<http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=2250085>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Red-cockaded\\_woodpecker](http://en.wikipedia.org/wiki/Red-cockaded_woodpecker)

# Interakce s obratlovci

Pokud chtějí kolonizovat houby přímo, mohou růst **na povrchu** a nebo **vevnitř**

## ***Povrch***

- kolonizace srsti, kůže, peří, exoskeletonu se často omezuje na mrtvou tkáň a nezpůsobuje obrannou reakci organismu, ale je tu exponování vnějšímu prostředí a často nízká dostupnost vody a keratin je velmi odolný vůči rozkladu

## ***Uvnitř***

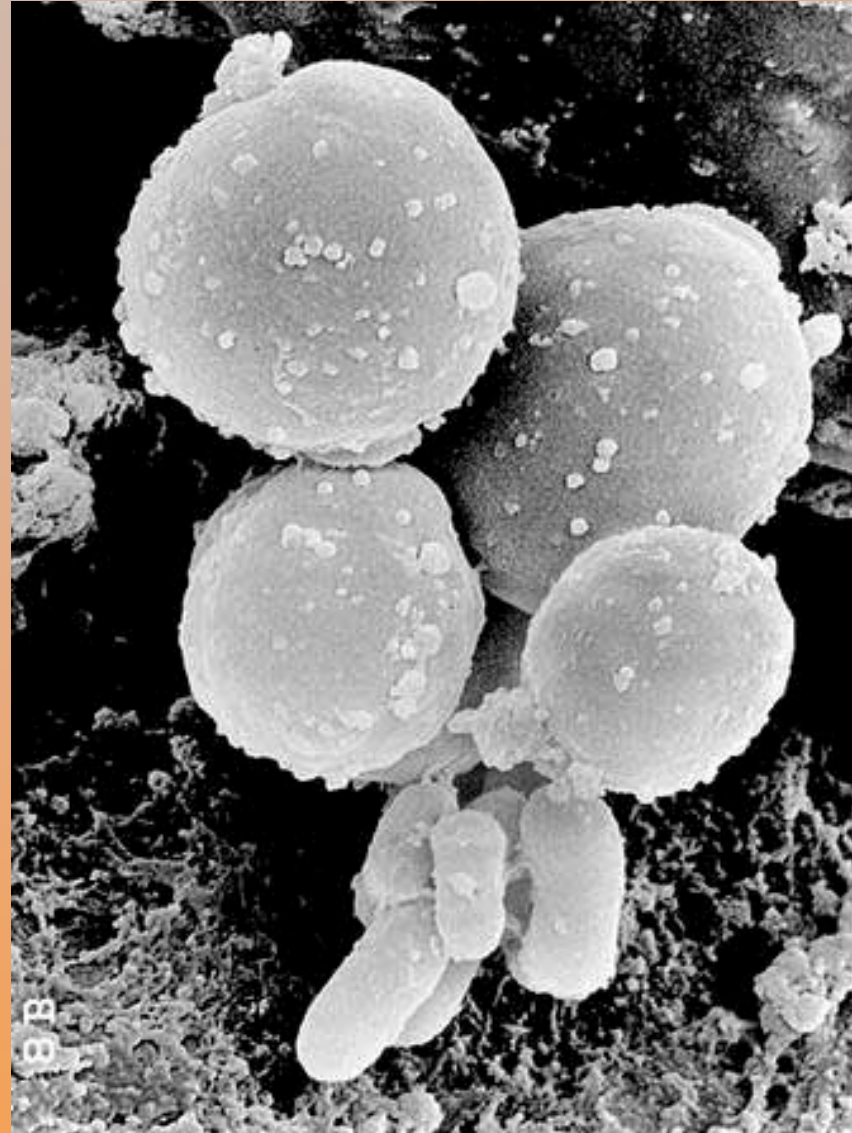
- stálé prostředí, dostatek vody a dostatek volně dostupných živiny, ale musí se vypořádat s bakteriemi, nízkým obsahem kyslíku, nízkým pH a silnou peristaltikou (trávicí soustava) nebo se silnou imunitní reakcí (krevní oběh)

**Snaha zachovat si svůj „substrát“ živý a nezpůsobovat jeho onemocnění a smrt, neboť by došlo ke ztrátě „substrátu“ a kompetici s nekrotrofy.**

# Interakce s obratlovci

## *Candida albicans*

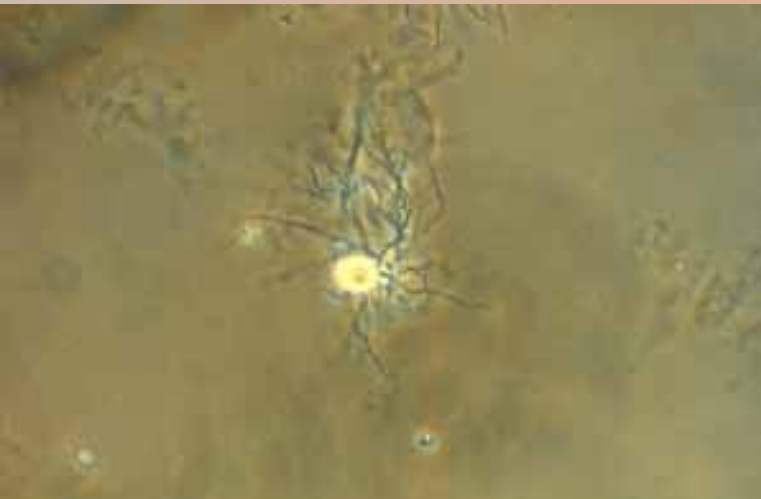
- přirozený obyvatel střev (obratlovci, člověk)
- přichyceny na sliznice, žíví se saprotrofně
- x parazit při přemnožení a v krevním oběhu
- dimorfní, kvasinkovitá vs. myceliální



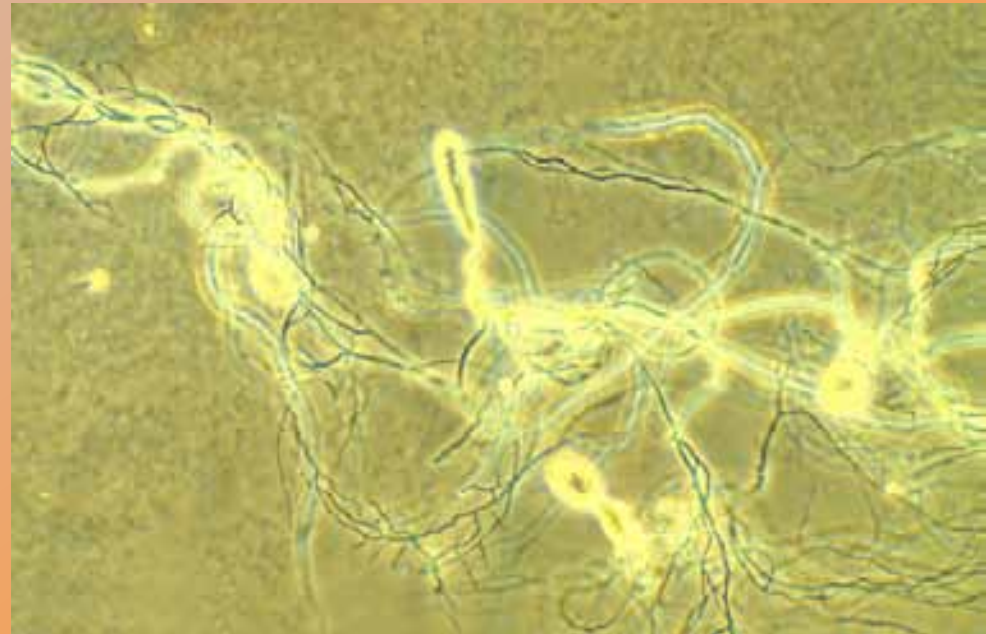
# Interakce s obratlovci

## Anaerobní bachorové chytridie

- bachor přežvýkavců i střeva býložravců, nepřežvýkavců
- oxid uhličitý a methan, stopy kyslíku jsou okamžitě zužitkovány fakultativními anaeroby
- schopni fermentovat celulózu, xylany, hemicelulózu, škrob na kys. mravenčí, mléčnou, octovou
- symbióza s bachorovými bakteriemi = chytridie způsobují mechanické narušení substrátu a bakterie produkcí metanu zvyšují aktivitu enzymů chytridií a účinnost rozkladu



*Piromyces communis*



*Neocallimastix frontalis*

<http://www.bsu.edu/classes/ruch/msa/wubah.html>