



EKOLOGIE A VÝZNAM HUB

(místy se zvláštním zřetelem k makromycetům)

- Houby a jejich prostředí • Životní strategie a vzájemné působení hub
- Ekologické skupiny hub, saprofytismus (terestrické houby, detrit a opad, dřevo aj. substráty) • Symbiotické vztahy hub (ektomykorhiza, endomykorhiza, endofytismus, lichenismus, bakterie, vztahy se živočichy) • Parazitismus (parazité živočichů a hub, fytopatogenní houby, typy parazitických vztahů)
 - Houby různých biotopů (jehličnaté, lužní, listnaté lesy, nelesní stanoviště, společenstva hub) • Šíření a rozšíření hub • Ohrožení a ochrana hub
 - Jedlé houby a pěstování • Jedovaté houby a otravy • **Hospodářské využití hub** (potravinářství, farmacie, **biologický boj aj.**) • Hospod. škody působené houbami



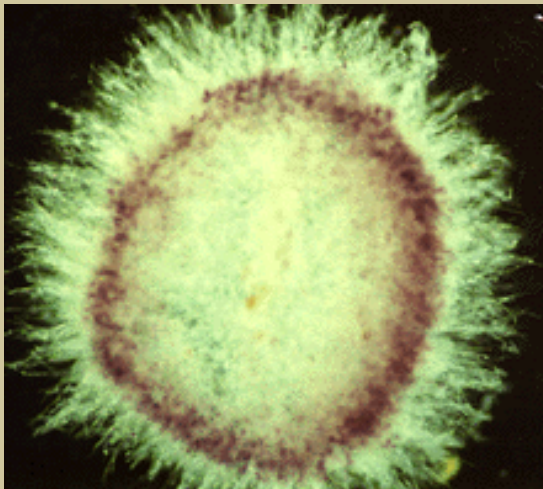
DALŠÍ ZPŮSOBY VYUŽITÍ HUB

Různé druhy hub jsou využívány k **produkci vitamínů** – karotenů (provitamíny vit. A), riboflavinu (vit. B₂), kalciferolů (skupina vit. D) nebo biotinu (vit. H).

Růstovými stimulanty rostlin jsou gibereliny ("růstové hormony").

V přírodě jsou to produkty houby *Gibberella fujikuroi* (*Hypocreales*) => může nastat fytopatologický problém, pokud napadené rostliny rostou tak rychle, že to nezvládnou a odumřou. Přínosem je tedy aplikace rozumného množství giberelinů, dnes získávaných kultivací druhů rodu *Gibberella*.

V poslední době jsou využívány i genové manipulace => vpravení genů řídících výrobu sloučenin (včetně lidských) nejlépe do *Saccharomyces cerevisiae* (pro její rychlý růst a snadné pěstování).



Vlevo kolonie rodu *Gibberella*, vpravo mikrokonidie *Fusarium subglutinans* (anamorfa z rodu *Gibberella*).

<http://bccm.belspo.be/newsletter/11-02/bccm02.htm>

U řady hub je využívána **produkce enzymů**, rozkládajících polysacharidy (zejména škrob) na jednoduché cukry nebo proteiny na aminokyseliny.

- K výrobě celého komplexu enzymů se využívá *Aspergillus oryzae* – jsou to proteázy, pektinázy, laktázy, celulózy, glukonázy, amylázy (využívá se při výrobě saké – rýžového drinku, přičemž rýže se nemusí nechat klíčit tak jako ječmen v případě piva).

V kyselém prostředí se uplatňují proteázy hub, v zásaditém proteázy bakterií.

- Z *Aspergillus niger* se získává glukózový sirup (97 % glukózy), z *A. oryzae* maltózový sirup (přes 50 % maltózy).

Za využití druhů rodu *Aspergillus* (zejména *A. niger*) jsou též vyráběny různé organické kyseliny (citrónová, glukonová, mléčná, itakonová).

- Některé kvasinky se uplatňují při výrobě glycerolu a zpracování lipidů (lipázy uvolňují mastné kyseliny).

Kromě potravinářství (využití při pečení a výrobě cereálií, úpravě tuků a masa, mlékárenství i příprava krmiv pro zvířata) se houbové enzymy využijí i v dalších oborech – při čištění vod, zpracování kůže, výrobě etanolu (biolih z biomasy) a detergentů (čisticích prostředků), v textilním průmyslu, zahradnictví nebo lesnictví.

Různé kmeny (i v rámci téhož druhu) produkují různé množství metabolitů – proto jsou pro specifické účely (exprese enzymu, produkce sekundárních metabolitů, rychlost růstu) v přírodě vybírány konkrétní kmeny a u kmenů kultivovaných ve sbírkách jsou uplatňovány i genetické modifikace.

Některé houby se uplatňují v procesech **remediace** (přeměny škodlivých látek), resp. **degradace** konkrétních sloučenin, a to jak ex situ (předhození substrátu napěstovaným houbám), tak in situ (inokulace hub na konkrétní plochy, případně využití druhů zde přirozeně rostoucích).

• Některé druhy jsou schopné "vycucnout" síru a dusík z ropy, *Gliocladium roseum* (anamorfa, *Hypocreales*) naopak samo produkuje naftové výpary využitelné jako palivo.

"Houbová nafta" může být další nadějí pro biopaliva



Houba, která umí rostlinný odpad přeměnit přímo na pohonnou hmotu může umožnit výrobu biopaliv, která nekonkurují produkci potravin.

Jan Zikmund, <http://www.osel.cz/index.php?clanek=4060>

V listech jihoamerického stromu ulmo (*Eucryphia cordifolia*), jehož dřevo je ceněno pro svou trvanlivost, byla objevena houba, která produkuje naftové výpary. To je mimochodem mnohem výhodnější skupenství pro extrakci a čištění paliva než kapalina.

Gary Strobel z Montana State University in Bozeman identifikoval jako zdroj naftových par endofyt *Gliocladium Roseum*. Tato houba svými metabolity pravděpodobně likviduje ostatní houby, čímž způsobuje výjimečnou trvanlivost ulmového dřeva. Ve vyhledávači lze pod druhovým jménem *Gliocladium Roseum* rovněž najít mnoho aplikací na poli biologické ochrany rostlin před houbovými chorobami.

Dosud si ale asi nikdo nevšiml její "petrochemické" aktivity a podle Garyho Strobela zatím není znám jiný organizmus s podobnými vlastnostmi. Analýza výparů odhalila, že jsou bohaté na uhlovodíky nacházející se v pohonných hmotách, jako je oktan. Dále byly nalezeny lehké (nízkouhlikové?) alkoholy a estery, které jsou spalovány mnohem efektivněji a čistěji než klasická paliva.

Dalším nesporným bonusem je schopnost houby růst na celulóze, která obsahuje vysoké procento uhlovodíků, ale je velmi náročné ji na tyto uhlovodíky rozložit.

Celulózy je všude dost a většinou je pouhým odpadem. Podle Strobela by mělo být možné prostřednictvím naftové houby získávat za použití fermentace celulózy obrovská množství uhlovodíkových par použitelných rovnou bez dalších úprav. Vidina je to krásná, ale jak už to u podobných zpráv bývá, je Strobel zatím teprve v začátcích a bude třeba ještě dalšího výzkumu, aby se ukázalo, že to není jen další z mnoha "číslicových" zpráv.

Zvětšit obrázek



Gary Strobel



Gliocladium roseum - houba produkující těžké uhlovodíky. (Montana State University)

„Pekelná houba“ odstraňuje síru z ropy



Co by mohlo pomoci ropným společnostem levněji vyrobit takové palivo, aby splňovalo stále přísnější ekologické normy? Houby! Zní to možná divně, ale houby nedávno objevené v Iránu, rostou přirozeně v surové ropě a odstraňují z ní sloučeniny síry.

Ota Beran, <http://www.osel.cz/index.php?clanek=3994>

Vlády na celém světě stále zavádí přísnější a přísnější omezení toho, jaké množství sírných a dusíkatých sloučenin mohou paliva obsahovat. A producenti nafty hledají stále levnější a účinnější způsoby, jak odstranit síru a dusík z jejich produktů.

Standardní způsob odsíření surové ropy zahrnuje její reakci s vodíkem v doslova pekelném prostředí teploty 455 stupňů Celsia a až 204 násobku atmosférického tlaku (zhruba 21 milionů pascalů). A nedá se přitom vůbec říct, že by výsledkem bylo dokonalé odstranění zmiňovaných sloučenin.

Mikroorganismy, které jsou schopné metabolizovat síru, mají možnost dosáhnout stejného a možná kvalitnějšího výsledku, a to při „normálnějších“ podmínkách. V posledních letech se výzkumníkům podařilo izolovat mnohé takové bakterie potenciálně využitelné k odstranění sloučenin síry z různých substrátů.



Jalal Shayegan

Shayeganův tým se vydal pátrat do půd znečištěných ropou z Teheránské ropné rafinerie a ropných polí Kuhemond. Při průzkumu se jim povedlo izolovat spoustu nových kmenů mikroorganismů metabolizujících síru.

Nakonec se výzkumná cesta zvrhla v houbaření. Vědci totiž při průzkumu těchto vybraných lokalit objevili i zvláštní houbu, která překvapovala svým mimořádným apetitem na síru. Testy odhalily, že tento zástupce rodu *Stachybotrys* je mimořádně účinný při odstraňování síry z ropy. Je to první zástupce hub, u kterého byly zjištěny tyto schopnosti.

Shayeganův tým „postavil“ tento svůj nový objev do souboje proti několika známým „odsířujícím“ bakteriím. Houby i bakterie byly po dobu šesti dnů pěstovány na vzorcích surové ropy z ropných polí Kuhemond a Sornush smíchaných s vodným růstovým médiem.

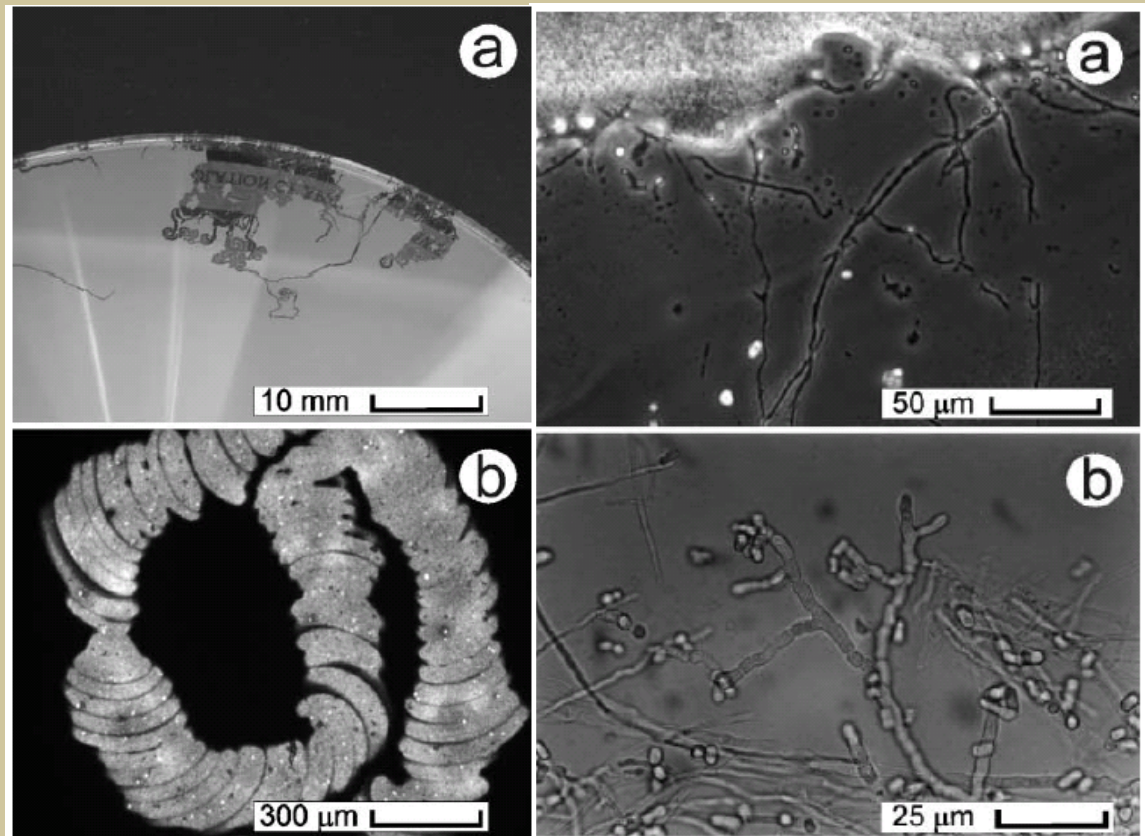
- Průmyslově jsou využívány enzymy hub rozkládajících celulózu (*Trichoderma*, *Fusarium*, *Penicillium*) nebo lignin (*Phanerochaete*); nejúčinnější enzymy mají houby způsobující bílou hnilobu.
- Jiné druhy jsou schopné korodovat látky typu polystyrenu – je potenciální možnost, že (přirozenou mutací nebo za pomoci genových manipulací) vzniknou kmeny hub schopné likvidovat takovýto odpad.

Poznámka:

Aby nám ale houby nezačaly žrát i to co nechceme ... druhům rodu *Geotrichum* chutná Al-polykarbonátová vrstva kompaktních disků (poprvé objeveno v Belize, další záznamy z Mexika, Panamy, Hongkongu, ...), tak pozor na svá cédéčka! :o)

Převzato z

http://botany.natur.cuni.cz/koukol/ekologiehub/EkoHub_10.ppt



Mycelium hub má i silné absorpční schopnosti pro řadu látek, které je schopno akumulovat z prostředí (předmětem výzkumu je i využití hub v likvidaci zdrojů radioaktivních kovů) – ovšem v tomto případě pak samozřejmě vyvstává problém "kam s ním", tedy kam uložit nebo jak likvidovat kontaminované mycelium.

Slibný je výzkum schopností mykorhizních hub ve vztahu k těžkým kovům, s možným využitím v praxi především v těchto směrech:

- jak ovlivnit rostliny, aby vůbec rostly i na kontaminovaných stanovištích;
- jak ovlivnit rostliny, aby přijímaly z půdy co nejméně těžkých kovů;
- jak ovlivnit rostliny, aby naopak vysávaly z půdy co nejvíc těžkých kovů a akumulovaly v biomase => sklízení => likvidace (fytoremediace).

Mimoto má růst mykorhizních hub v půdě význam pro její stabilizaci – nejde jen o mechanické zpevnění půdy, ale také o eliminaci eroze a vymývání živin.

Fungi to fight 'toxic war zones'

Fungi could help clean up toxic war zones, scientists at a Scottish university have discovered.

Dundee University researchers have found evidence that fungi can "lock" depleted uranium into a mineral form.

This would make it more difficult for the heavy metal - used in armour-piercing shells - to find its way into plants, animals or the water supply.

The fungal-produced minerals are capable of long-term uranium retention, the scientists say.

Prof Geoffrey Gadd, from the university's College of Life Sciences, said: "This work provides yet another example of the incredible properties of micro-organisms in effecting transformations of metals and minerals in the natural environment.

Zdroj: Fomina & Gadd 2008; převzato z http://botany.natur.cuni.cz/koukol/ekologiehub/EkoHub_10.ppt

Málokoho by možná napadlo využití hub v parfumerii – konkrétně jde o agarwood, vonné tmavé pryskyřičné jádrové dřevo stromů z rodu *Aquilaria*, napadené houbou *Phialoacremonium parasiticum* (= *Phialophora parasitica*, anamorfa z řádu *Diaporthales*), ze kterého jsou destilovány vonné oleje s obsahem unikátních látek (terpenoidy, chromony, anisylaceton). Spolu s dávným využitím v asijské medicíně je ovšem agarwood předmětem černého trhu a ilegálního kácení; naštěstí lze dnes stromy rodu *Aquilaria* pěstovat a houbou uměle infikovat.



Zejména v historii byly houby využívány také jako **zdroj barviv**. Ve středověku byly využívány zejména lišejníkové stélky jako zdroj hnědých, šedých či žlutých barviv, ale druhy jako *Rocella* nebo *Perusaria* umožnily získávat třeba i purpur, ve starém Římě vyhrazený pouze vládnoucí vrstvě. Éra "nezastupitelnosti" konkrétních druhů končí v 19. století s nástupem možností výroby syntetických barviv.

Omezení při získávání barviv z houbových nebo lišejníkových stélek představuje jednak jejich pomalý růst (zejména v případě lišejníků) a za druhé zdaleka ne všechny pestré barvy, které jsou houby schopny vytvořit, lze bez problémů extrahovat (dochází k barevným změnám nebo i úplné přeměně dotyčných sloučenin v prostředí mimo houbové pletivo, srovnatelné třeba s lakmusem).

Potravinářská barviva produkují např. *Monascus purpureus* (je využíván při výrobě červeného vína) nebo některé *Mucorales* (produkují β -karoten).



Vlevo lišejník *Rocella phycopsis*.

<http://kmubserv.tg.fh-giessen.de/pm/page.cfm?PRID=20&CFID=86688&CFTOKEN=154363&PID=361>

Vpravo kultura *Monascus purpureus* na sladínovém agaru.

<http://www.vscht.cz/kch/galerie/obrazky/houby/slad-10.gif>

Zajímavostí je výroba ručního papíru z hub (vlastně proč ne? jde vlastně jen o papír na chitinové bázi namísto celulózni): nejlépe použít tuhé vláknité plodnice (choroš) => máčení i řadu týdnů (měnit vodu po 2–3 dnech), možno též přidat starý papír (pozor na noviny, výsledek by pak byl vždy zašedlý) => pomáčené houby nasekat, smístit s vodou a rozmixovat na stejnorodé "pyré" => vzniklou papírovinu nalít do mělké nádrže a důkladně rozmíchat => zarámované síto ponořit pod hladinu papíroviny a prudkým zvednutím nabrat směs na síto => rychlými náklony ze strany na stranu dosáhnout rovnoměrného pokrytí a nechat dostatečně odkapat přebytek vody zpět do nádrže => přehmátnout (palce dolů, prsty na svrchní stranu rámu) a prudce překlopit na připravenou savou látku (třeba ručníkovinu) => ještě houbičkou odsát přes síto přebytečnou vodu => opatrně zvednout síto (je-li už hmota moc suchá, může se trhat nebo zůstat přilepená na sítu – v tom případě zadržet a houbičkou skrz síto znovu navlhčit, dokud nepůjde dobře oddělit; čím tenčí papír vzniká, tím větší citlivost tento krok vyžaduje) => postupně vysušovat přikládáním listů novin nebo látek (možno urychlit žehlením, ale jen jemně a přes látku) => je-li papír už dost suchý, aby se s ním dalo manipulovat, je možno jej zavěsit a nechat doschnout (nebo, chceme-li zcela rovný papír, lisovat pod závažím, ale v tom případě nepřestat s vyměňováním odsávacích listů až do úplného vysušení).

Rozmáčené plátky tvrdých chorošovitých plodnic se používají v některých zemích (Balkán) též k výrobě kabelek, klobouků apod. – spíš jde dnes o suvenýry pro turisty, pevnost materiálu by nebyla dostatečná pro každodenní používání.

HOUBY JAKO PROSTŘEDEK "BIOLOGICKÉHO BOJE"

Termínem "biologický boj" bývá označována snaha o potlačení organismů, které z lidského pohledu představují "škůdce". Velký význam v tomto případě mají druhy využitelné při regulaci celých populací hostitelů.

Jako **mykoherbicity** pro eliminaci plevelů v porostech kulturních plodin lze využít fytopatogenní houby – obvykle nezlikvidují plevelné druhy úplně (tím by si zároveň zrušily hostitele), ale oslabí je nebo omezí v růstu => kompetiční síla plevelů je oslabena na úroveň, která již není pro pěstované plodiny nebezpečná. Ideální herbicidní patogen vykazuje značnou hostitelskou specifitu, schopnost tvořit velké množství spor (nejlépe roznášených větrem => plošné rozšíření) i stadium schopné přežít vymizení hostitele; zřejmě nejvhodnějšími houbami pro tento účel jsou rzi.

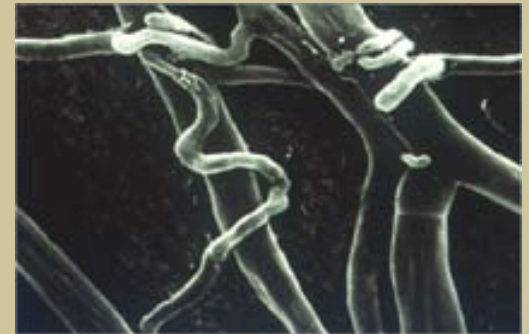
Užití mykoherbicidů má přece jen určitá omezení: přežívání spor a nároky na klíčení (teplota, vlhkost), genetická variabilita hostitelů (včetně rezistentních odrůd) a možné interakce s jinými organismy ve fylopláně => ne vždy se jejich aplikace ekonomicky vyplatí.

Jiné druhy hub je možno využít pro **eliminaci houbových patogenů** – buď jde o přímou likvidaci (mykoparazitismus, antibiotické interakce) nebo kompetici o živiny.

Použití biotrofních parazitů je limitováno hostitelskou specificitou, nemožností je uměle pěstovat a tím i obtížnou distribucí. Spíše jsou využíváni mykoparazité nekrotrofní, zejména druhy s širokým spektrem hostitelů – např. druhy rodu *Trichoderma* mají za hostitele zástupce rodů *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Fusarium*, *Verticillium*, dokonce i oomycety *Pythium* a *Phytophthora*. Působí buď přímo paraziticky (rozrušují buněčné stěny v pletivech napadených hub) nebo antibioticky (produkci toxinů).

Hyfy *Trichoderma* sp. ovíjející se kolem hyf *Rhizoctonia solani*.

http://www.weizmann.ac.il/Biological_Chemistry/scientist/Chet/Chet.html



Lze uvést i další příklady hub působících proti jiným houbám: *Chaetomium* => *Venturia*; *Coniothyrium* => *Sclerotinia*; *Cladosporium* => *Botrytis*; *Gliocladium*, *Penicillium* => *Rhizoctonia*; *Sclerotinia*, *Fusarium*, *Verticillium* => *Puccinia*.

Saprotrofní houby působící antibioticky je možno aplikovat i preventivně, například jimi ošetřit semena nebo semenáčky rostlin.

Některé druhy (např. z již zmíněného rodu *Trichoderma*) jsou i komerčně využívány, ale na druhou stranu mají omezenou životnost (jsou schopny kolonizovat půdu, eliminovat některé patogeny, ale po čase obvykle podlehnou kompetičně silnějším druhům) => jsou dobré pro ošetření semenáčků, ale nezajistí dlouhodobou ochranu v polní půdě.

Omezená využitelnost kompetice mezi různými druhy tkví v tom, že vede k potlačení klíčení, rozrůstání hyf a šíření "slabších" druhů, ale nemá vliv na přežívací stadia (neeliminuje tedy množství inokula v prostředí a potenciál vyvolat nákazu v budoucnu).

Obecně vzato je aplikace hub proti jiným houbám účinná v laboratořích nebo ve sklenících, ale omezeně v polních kulturách.

Jako **insekticidní houby** jsou nejvíce využívány anamorfy některých hub z řádu *Hypocreales* – *Beauveria*, *Metarhizium*, *Verticillium*. (*Beauveria bassiana* je houbou odedávna likvidující chovy bource v Číně, ale po rozpoznání původce choroby začala být šířeji používána proti různým druhům motýlů.)



Beauveria bassiana na *Pityogenes chalcographus* (nahore) a *Pantorytes plutus* (vpravo).

C. Prior, http://www.dropdata.org/cocoa/cocoa_biological.htm

Verticillium lecanii na kněžici



<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/seibut/bcg/bcg00110.html>



„Růžové“ a „zelené“ stadium *Metarhizium* sp. na nymfách sarančat.

<http://www.daff.gov.au/animal-plant-health/locusts/aplc-activities/research/biological>





Dnes jsou z těchto hub vyráběny i komerční přípravky, aplikované postřikem proti různým skupinám hmyzu, broukům, mšicím, červcům, dvoukřídlým.

Foto: Aplikace suspenze se spory *Beauveria bassiana* na kávovníky v Chiapasu (Mexiko).

http://www.trevorwilliams.info/natural_enemies.htm

Na hmyzu houba vyklíčí, pronikne kutikulou (nebo vyklíčí v těle, je-li pozřena), rozrůstá se v myceliální formě nebo přejde v kvasinkovitou formu a je roznášena hemolymfou => smrt hmyzu způsobí buď přímé působení houby, nebo s přispěním toxických metabolitů.

Houby přežívající v půdě mohou být parazity půdních larev; výhodou jejich působení je určitá "samoregulace" (pomnožení larev => větší šance že na sebe nabalí spory => rozšíření zoopatogenní houby => redukce stavu larev => opětný pokles výskytu houby) a tím malý negativní vliv na přírodní prostředí.

Insekticidně působí též některé sekundární metabolity hub, např. kyselina sójová (*Aspergillus flavus*, *A. oryzae*), muscazon (*Amanita muscaria*). Z muchomůrky červené jsou též získávány derivát muscimolu (pesticid) a kyselina ibotenová (v potravinářství je alternativou konzervačního činidla glutamanu sodného).

Další skupinou, proti které člověk "vede boj", jsou **hlísti** parazitující na rostlinách nebo v tělech živočichů (obvykle jejich vajíčka vyjdou ven s trusem a larvy jsou pak zase spaseny s trávou). Ideálními houbami pro redukci stavu hlístů jsou endoparazitické houby s vysokou hostitelskou specificitou – právě ta je však na druhou stranu příčinou jejich omezené použitelnosti, neboť je prakticky nemožné si je "napěstovat" mimo těla hostitelů.

Příliš použitelné pro tyto účely nejsou ani "dravé houby" (*více viz kapitolu Parazitismus*), sice schopné žít i volně v půdě, ale druhově nespecifické (mohou "lovit" škodlivé i užitečné hlísty). Možnost redukce stavu zoopatogenních hlístů představuje inokulace "dravých hub" do trusu (ideální způsob je napojit zvířata vodou s inokulem, které vyklíčí po průchodu trávicím traktem) => vyklíčivší houba pak napadá líhnoucí se larvy.

Šanci na úspěch má použití hub, které v dané oblasti přirozeně parazitují na místních hlístech. Ideální je jejich získání z půdy, kultivace, selekce druhů adaptovaných na místní podmínky a nežádoucí druhy hlístů => následné použití v případě jejich zvýšeného výskytu; např. z druhu *Paecilomyces lilacinus* (s širokým spektrem hostitelů) byly získány hostitelsky specifické kultury.

Zajímavostí je australský příklad vzájemných vztahů rostliny, hlísta, houby a bakterie: Na jílku *Lolium rigidum* (běžný druh tamních pastvin) se vyskytuje bakterie *Rathayibacter toxicus*, jejíž metabolity činí trávu jedovatou. Tato bakterie se nevyskytuje v přítomnosti slabě fytopatogenní houby *Dilophospora alopecuri*. Na jílku též parazituje hlíst *Anguina funesta* (přežívá v semenech do další generace), který na svém těle může přenášet bakterii nebo houbu. Přítomnost hlísta a houby tak sice znamená napadení rostliny, ale na druhou stranu redukcí jedovaté bakterie.

Je-li houby možno využít jako prostředek "boje" proti jiným organismům, pak to jde samosebou i proti lidem – v USA byly zkoušeny jako **biologické zbraně** trichotheceny a zřejmě i aflatoxiny (s potenciální aplikací prostřednictvím rozprašování z letadel).