

Entomopatogenní houby – nerovný souboj

Příroda vytváří tak hustě propletenou síť vztahů mezi jednotlivými složkami na všech možných úrovních, že máme stále co objevovat. V těchto vztazích se často střetávají i houby a hmyz, představující nejpočetněji zastoupené skupiny organismů na Zemi. Houby žijící s hmyzem v jakémkoli typu vztahu se obecně nazývají entomopatogenní. Mnohé z nich se po dlouhou dobu vyvíjely zároveň se svými hostiteli a vznikli tak komenzálové nebo mutualisti, z jiných naopak obligátní nebo fakultativní patogeny, jež nejčastěji označujeme jako entomopatogenní houby. Co o nich dnes víme?

Některé entomopatogenní houby se zachovaly jako fosilie, např. v jantaru, ve kterém byl uvězněn napadený hmyz (Živa 2014, 5: 198–203). Za nejstarší takový nález považujeme houbu *Paleoophiocordyceps cocco-phagus*, prapředka dnešních hub housenic (nezaměňovat s housenicemi – larvami blanokřídlého hmyzu). Je datována do druhohorního období křídly a stará asi 100 milionů let. O mnoho milionů let starší jsou fosilie řazené do rodu *Traquairia* a známé z karbonu, zřejmě předci dnešních zástupců oddělení Entomophthoromycota. Pravidelně nejstarší zprávy o onemocnění hmyzu zaznamenané člověkem se týkají pěstování bource morušového (*Bombyx mori*) v Japonsku kolem r. 900 n. l. Předpokládá se, že šlo o napadení bource houbou *Beauveria bassiana*.

Diverzita entomopatogenních hub

V souvislosti s rozmanitostí hmyzích hostitelů existuje i značná diverzita jejich houbových patogenů, které tak najdeme ve

všech základních odděleních hub kromě malé a dosud nepříliš probádané skupiny Cryptomycota (tab. 1). Známe přes 700 druhů entomopatogenních hub. Nejvíce jsou zastoupeny mezi mikrosporidii (Microsporidiomycota, Microsporidia, viz článek na str. 257) a v odděleních Zoopagomycota a vřeckovýtrusných hub (Ascomycota). Pokud jde o hmyz, největší diverzita entomopatogenních hub je spojena zvláště s řády polokřídlí (Hemiptera) a dvoukřídlí (Diptera). Řád vřeckovýtrusných hub masenkovitých (Hypocreales) obsahuje nejpočetnější skupinu entomopatogenních hub. Souvisí to zřejmě s tím, že tyto houby měly dlouhou společnou evoluci s rostlinami, s nimiž žily původně jako paraziti, zároveň s četnými zástupci savého polokřídlého hmyzu. Vědci předpokládají, že tato koevoluce usnadnila houbám využití zmíněný hmyz jako další niku a zdroj živin (Sung a kol. 2008).

K entomopatogenním houbám mají blízko i ektoparaziti hmyzu z řádu Laboulbeniales (Laboulbeniomycetes, vřeckovýtrusné).

Tab. 1 Diverzita entomopatogenních hub v jednotlivých odděleních říše Fungi. Upraveno podle: J. P. M. Araújo a D. P. Hughes (2016), barevně jsou označeny nejvýznamnější skupiny entomopatogenních hub. Anamorfy, tedy nepohlavní stadia, v některých případech byly nejdříve popsány jako samostatný taxon.

Oddělení	Rody entomopatogenních hub (příklady)
Cryptomycota	–
Microsporidiomycota (Microsporidia)	<i>Amblyospora</i> , <i>Bacillidium</i> , <i>Campanulospora</i> , <i>Culicosporella</i> , <i>Episeptum</i> , <i>Flabelliforma</i> , <i>Geusia</i> , <i>Hazardia</i> , <i>Heterovesicula</i> , <i>Microsporidium</i> , <i>Nosema</i> , <i>Orthosomella</i> , <i>Perezia</i> , <i>Pilosporella</i> , <i>Pulsispora</i> , <i>Resiomeria</i> , <i>Spherosporella</i> , <i>Striatospora</i> , <i>Tardivesicula</i> , <i>Toxogluga</i> , <i>Vairimorpha</i> , <i>Vavraia</i> , <i>Weiseria</i>
Chytridiomycota	<i>Myiophagus</i> , <i>Myrmicinosporidium</i>
Blastocladiomycota	<i>Coelomomyces</i> , <i>Coelomycidium</i>
Zoopagomycota	<i>Ancylistes</i> , <i>Ballocephala</i> , <i>Basidiobolus</i> , <i>Batkoa</i> , <i>Conidiobolus</i> , <i>Entomophthora</i> , <i>Entomophaga</i> , <i>Erynia</i> , <i>Eryniopsis</i> , <i>Neozygites</i> , <i>Pandora</i> , <i>Tarichium</i> , <i>Thaxterosporium</i>
Mucoromycota	<i>Sporodiniella</i>
Ascomycota	<i>Ascospaera</i> , <i>Cordyceps</i> (anamorfy: <i>Beauveria</i> , <i>Isaria</i> , <i>Lecanicillium</i> , <i>Simplicillium</i>), <i>Culicinomyces</i> , <i>Elaphocordyceps</i> (anamorfa: <i>Tolyptocladium</i>), <i>Hypocrella</i> (anamorfa: <i>Aschersonia</i>), <i>Metacordyceps</i> (anamorfy: <i>Pochonia</i> , <i>Metarhizium</i>), <i>Moelleriella</i> , <i>Nectria</i> , <i>Ophiocordyceps</i> (anamorfy: <i>Hirsutella</i> , <i>Hymenostilbe</i>), <i>Samuelsia</i> , <i>Torubiella</i>
Basidiomycota	<i>Septobasidium</i> , <i>Uredinella</i>

Tyto houby žijí na povrchu různých zástupců hmyzu. Dovníť hostitele sice pronikají haustorií, ale většinou ho neohrožují na životě. Naopak zástupci trichomycetů (Kickxelomycotina, Zoopagomycota) žijí uvnitř těla svých hostitelů (hmyzu i jiných členovců), a to ve střevě. Chovají se však zpravidla jako neškodní komenzálové.

Mechanismy infekce

Houbové patogeny hmyzu využívají různé mechanismy k infikování hostitele. K nákaze dochází nejčastěji prostřednictvím houbových spor, které se v prostředí šíjí různými způsoby – vodou, vzduchem nebo na tělech drobných živočichů. Nejjednodušší je pozření houbové propagule, přičemž infekce začíná v trávicím traktu. Avšak mnohé entomopatogenní houby působí jako kontaktní insekticidy, vstupují do hostitele přes kutikulu a jsou k této funkci vybaveny enzymatickým aparátem, tvořeným lipázami, proteázami a chitinázami (de Carolina Sánchez-Pérez 2014). Tyto enzymy také považujeme za indikátory virulence. Pro překonání voděodolné svrchní vrstvy, epikutikuly, houba využívá lipázy (enzymy ze skupiny hydroláz rozkládající tuky na glycerol a absorbovatelné mastné kyseliny). Poté jsou produkovány proteázy, rozkládající bílkovinné látky, a chitinázy, degradující chitinový exoskelet. Po vstupu houby do hostitele se patogen rozrůstá v jeho těle a vylučuje i různé sekundární metabolity, např. depsiptydy, které působí toxicky. Infikovaný hmyz pak jeví různé symptomy napadení – pohybuje se nekoordinovaně, přestává přijímat potravu a nakonec dochází k paralýze a úhynu.

Souboj mezi hmyzem a houbami závisí na řadě faktorů, jako je virulence patogenu a citlivost hostitele, schopnost klíčení infekčních propagulí ovlivněná hlavně teplotou a vlhkostí, i velikost populace hostitele a patogenu. Někteří zástupci hmyzu mají vyvinuté různé obranné mechanismy, např. hledají teplejší místa nebo dokonce zvyšují svou teplotu, aby houbu usmrtili. Jde však o energeticky velmi náročný proces. Mohou také začít produkovat látky, jež zastaví činnost enzymů patogenní houby, např. ebelacton B, inhibující lipolytickou aktivitu patogenu (de Carolina Sánchez-Pérez 2014), takže výsledná mortalita nemusí být tak vysoká. Jakmile však dojde k infekci, houba po kratší nebo delší době vyhrává.

Jak probíhá infekce u jednotlivých skupin hub? Např. u mikrosporidií víme, že polovina známých rodů (ca 70 rodů ze 140) je schopna infikovat nějakého zástupce hmyzu. K nákaze dochází pozřením spor vylučovaných ze střevního traktu již napadeného jedince. Spory jsou ve střevě chemicky aktivovány a injikují svůj obsah (sporoplazmu) do střevních buněk. U některých mikrosporidií se vyvinul složitý infekční cyklus, např. u rodu *Amblyospora* zahrnuje i mezihostitele – vodního planktonního koryše buchanku (řád Cyclopoidea, např. z rodů *Mesocyclops* nebo *Apo-cyclops*) a k dokončení cyklu jsou nutné dvě generace komárů.

Rovněž *Coelomomyces*, řazený do zcela odlišného oddělení Blastocladiomycota, napadá komáry a má v životním cyklu mezihostitele buchanku; část životního cyklu se tedy odehrává ve vodním pro-

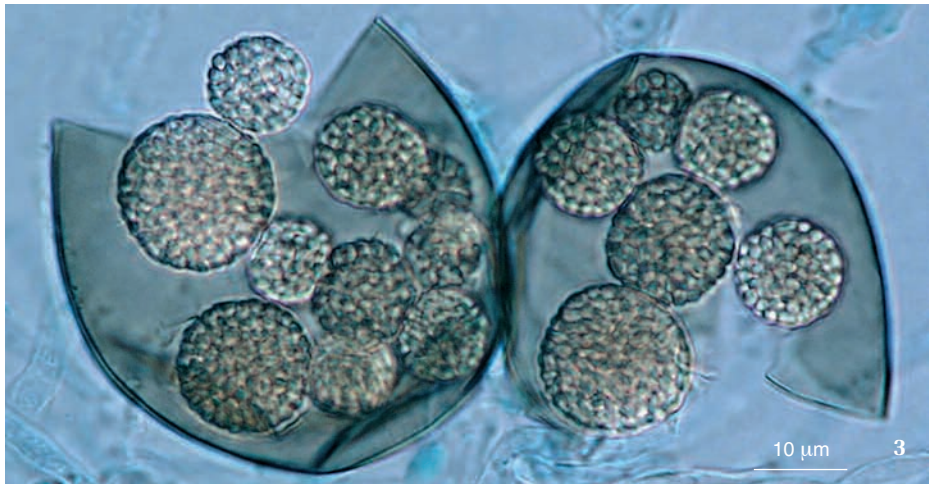


1 Vřeckovýtrusná houba housenice *Ophiocordyceps unilateralis* parazitující na tropickém mravenci pravděpodobně rodu *Camponotus*. Uvnitř polštářovitého stromatu na dlouhé stopce se tvoří peritecia s askosporami, jimiž se houba šíří a napadá další mravence. Los Algarobos, provincie Chiriquí, Panama. Foto O. Koukol



2 Další vřeckovýtrusná entomopatogenní houba *Ascospheera apis* tvoří na povrchu mrtvých larev včel medonosných (*Apis mellifera*) drobné kulovité tmavé plodnice.

3 a 4 Plodnice *A. apis* s mnohasporovými synasky (vřečka s množstvím spor) v optickém (obr. 3) a skenovacím elektronovém (4) mikroskopu (SEM)

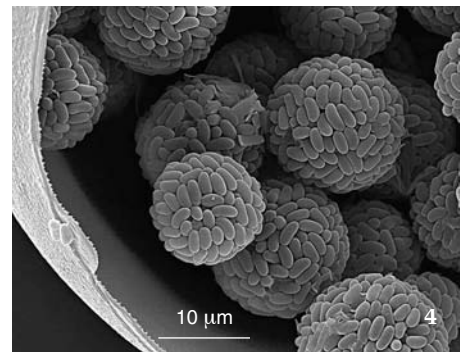


středí. Jeho infekční mechanismus je však odlišný. K nákaze dochází prostřednictvím bičíkatých zoospor, které proniknou chitinovými kutikulou. V těle buchanky roste parazit v haploidní formě (gametofyt), do larvy komára však opět přes kutikulu proniká již diploidní zygota a vytvoří v ní diploidní sporofyt. Po úhynu larvy se z jejího těla uvolní odpočívající sporangium, v němž proběhne redukční dělení a vzniknou haploidní zoospory napadající opět buchanku. Někdy dojde k vývinu larvy komára v dospělce a pokud jde o samici, houba se v ní přesune do ovarií. Při kladební pak takto napadená samička vyloučí odpočívající sporangia místo vajíček.

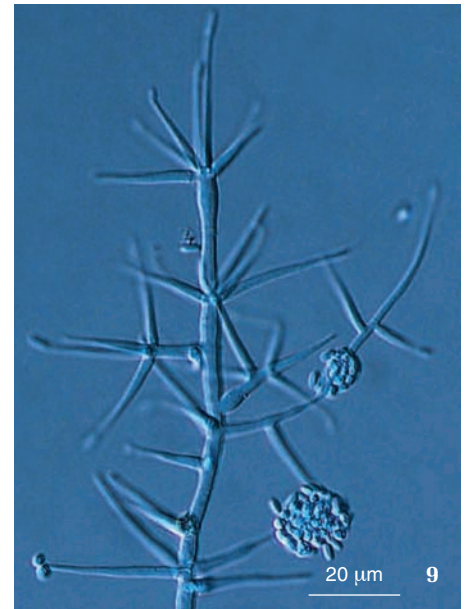
V oddělení Zoopagomycota najdeme známé houby jako rody hmyzomorka (*Entomophthora*; jako hmyzomorky se někdy označují i mikrosporidie, ačkoli jde o různé skupiny), *Erynia*, *Entomophaga* či *Pandora*. Mají opět odlišnou životní strategii, mnohdy produkují spory ještě na živém organismu, a patří tak mezi biotrofní organismy. Pro spory je navíc charakteristické, že většinou nejsou uvolňovány pasivně, ale odmršťovány do prostředí. Napadené samičky (často různé mouchy) mají poněkud zduřelý zadeček, což může lákat samečky a zároveň přispívat k šíření houby. Jakmile se moucha dostane do kontaktu se sporami, ty vyklíčí a dokážou kutikulu s využitím enzymů penetrovat. Uvnitř hostitele se rozrůstají hyfová tělíska a šíří se hemolymfou. Nejpočetnější jsou v zadeč-

ku, kde nejdřív spotřebují tuková tělíska. Konidiofory tvoří typicky v pásech mezi chitinovými zadečkovými články. K úhynu napadených much může dojít už během několika dnů, velkou roli zde hraje teplota. Název *Entomophthora* tak zcela odpovídá svému významu: koncovka -phtora znamená ničitel. Mrtvé mouchy jsou k podkladu poměrně pevně přichyceny svým sosákem, mají roztažené nohy a křídla, což usnadňuje šíření spor z povrchu těla do prostředí. Pro některé hmyzí populace napadené zástupci rodů *Erynia* a *Pandora* (vyskytují se hlavně na mšicích) je typická hromadná nákaza. Ta dala také těmto houbám jméno podle antických bohyní pomsty Erínyí a podle krásné Pandory, která z darované skříňky vypustila do světa neštěstí a zlo (viz Živa 2014, 6: 305–308).

Vřeckovýtrusné houby zahrnují velké množství patogenů hmyzu a jejich hmyzí hostitelé jsou rovněž různorodí. Početnou skupinu zde tvoří tzv. hemibiotrofní houby – usmrtí svého hostitele a jeho tělo pak dále využívají jako saprotrofové. Teprve na mrtvém hostiteli tedy vytvoří rozmnožovací struktury. Některé z nich lze označit i jako příležitostné patogeny, protože dokážou saprotrofně přežít např. v půdě a lze je také dobře pěstovat na umělých agarových médiích. Patří mezi ně mimo jiné rody *Ascospheera*, *Beauveria* nebo *Isaria*. *Ascospheera* napadá larvy včel i další blanokřídlý hmyz (Hymenoptera). K infekci dochází pohlčením houbových spor (askospor) larvami včel. V trávicím traktu larev se houba rozroste a nakonec larvy uhynou; vypadají jako mumifikované. Onemocnění se nazývá zvápenatění plodu. Na povrchu larev pak můžeme pozorovat tmavé



mikroskopické plodnice houby (obr. 2). Dospělým včelám houba neškodí, nicméně ji na svém těle roznášejí po úlu. Zástupci rodů *Beauveria*, *Isaria* a další hypokreální patogeny (náležející do řádu masenkovitých) hmyzu působí jako kontaktní insekticidy – pronikají přímo kutikulou pomocí svých enzymů (viz výše). Kromě enzymatických mechanismů mohou houby využívat i jiné způsoby. Již zmíněná *B. bassiana* např. produkuje sekundární metabolit oosporein, který kromě jiného omezuje růst bakterií v mrtvém hmyzu a umožňuje tak maximálně využít živiny z hostitele (Fan a kol. 2017). Zajímavým příslušníkem řádu masenkovitých je i rod housenice (*Ophiocordyceps*), např. h. čínská (*O. sinensis*, starší název *Cordyceps sinensis*), která se vyskytuje zvláště na chladných pastvinách Tibetské plošiny v Číně, Nepálu a Bhútánu. Napadá larvy můry *Thitarodes armoricanus* (hrotnokřídlecovití – Hepialidae). Tyto larvy (houseňky) se živí kořínky trav a jsou infikovány výtrusy housenice prostřednictvím dýchacího nebo trávicího ústrojí. Napadená houseňka je



však schopna žít ještě několik let. Teprve v období před zakuklením ji houba zcela usmrtí a z těla housenky vyroste protáhlé stroma, obsahující v době zralosti peritecia s vřecy a askosporami. Naproti tomu housenice *O. unilateralis* (obr. 1) dokáže usmrtit svého hostitele (mravence) během několika dnů. Kromě toho natolik ovlivňuje jeho chování, že mravenec připomíná zombie. Donutí ho, aby opustil svou kolonii a našel místo s optimálním mikroklimatem pro produkci a šíření askospor. Často to bývá na vyvýšeném místě, na konci rostlinného výhonku, kde se mravenec nejprve pevně zachytí a paralyzován uhyne. Ze zadní části jeho hlavy pak během několika týdnů vyroste stopkaté stroma, produkující do prostředí askospory (Araújo a Hughes 2016).

Mezi stopkovýtusnými houbami (Basidiomycota) bylo popsáno jen několik patogenů hmyzu. Patří k nim zvláště rody *Uredinella* a *Septobasidium*, napadající červce (Diaspididae, polokřídle), tedy hmyz, který sají na rostlinách, pro nějž je charakteristický voskový štítek kryjící tělo. Symbiotické vztahy těchto hub a červců mohou být různých typů včetně mutualismu a parazitismu.

Entomopatogenní houby u nás

Entomologové, parazitologové i mykologové se v ČR mohou setkat s pestrá škálou entomopatogenních hub. Některé z nich si zde představíme.

Ascospaera apis (Eurotiomycetes) je zvláštní houba, která se vyskytuje např. ve včelínech (viz výše, obr. 2–4). Její mikroskopické kulovité plodnice se značně liší od ostatních zástupců třídy Eurotiomycetes. Jsou tvořeny jedinou zvětšenou buňkou, nemají tedy na povrchu mnohobuněčný obal, ale jen buněčnou stěnu. Uvnitř plodnice pak nenajdeme vřecy s 8 výtrusy, jako u řady vřecovýtusných hub, ale mnohosporová vřecy s jemnou stěnou patrnou pouze v elektronovém mikroskopu.

Na mrtvém hmyzu v přírodě, např. v opadu, půdě, pod kůrou mrtvých stromů, se nezdá setkat s hypokreálními houbami rodů *Beauveria*, *Isaria* nebo *Lecanicillium*. Tyto houby se vyskytují téměř kosmopolitně nejen v mírném pásu, ale



i v subtropích a tropech. Často bývají izolovány z půdy. Mají také rozsáhlé spektrum hostitelů – brouky (Coleoptera), polokřídle, motýly (Lepidoptera), blanokřídle aj. Všechny tři uvedené rody hub vytvářejí na hmyzu bělavé porosty (obr. na 3. str. obálky), které však můžeme rozlišit mikroskopicky. *Beauveria bassiana* (teleomorfa neboli pohlavní stadium bylo pojmenováno *Cordyceps bassiana*) tvoří v myceliu charakteristické kulovité shluky konidiogenních buněk, které končí klikatě (cikcak, obr. 5). Příbuzné druhy *Isaria farinosa* (syn. *Paecilomyces farinosus*) a *I. fumosorosea* (syn. *P. fumosoroseus*) jsou nápadné viditelnými svazky konidioforů (synnemata) na povrchu napadeného hmyzu a někdy i na agarovém médiu (obr. 6–8). Na těchto konidioforech vznikají drobné konidie, jimiž se houba snadno šíří vzduchem. Z rodu *Lecanicillium* (dříve *Verticillium*) je u nás zřejmě nejběžnější *L. muscarium*. Jeho dřívější název *Verticillium* byl odvozen od charakteristického přeslenitého (verticilárního) uspořádání konidioforů (obr. 9).

5 Shluk konidiogenních buněk houby *Beauveria bassiana*, na jejichž konci se střídavě tvoří drobné konidie.

6 až 8 *Isaria farinosa*. Zralá synnemata (bělavé svazky vláken) s množstvím konidioforů a konidií na mrtvé můře sklepníci obecné (*Scoliopteryx libatrix*) nalezené ve štole poblíž Kašperských hor (obr. 7). Čerstvá kultura *I. farinosa* na agarovém médiu je také schopna tvořit synnemata (8). Konidiofor *I. farinosa* připomíná rod štětičkovec (*Penicillium*), ale fialidy (buňky, z nichž vznikají konidie) mají nápadný úzký krček (6).

9 Konidiofor houby *Lecanicillium muscarium* má dlouhé konidiogenní buňky vyrůstající v přeslenech a konidie spleené do kulovitých shluků.

10 a 11 Mrtvá strašilka (řád Phasmida) s okrově zbarvenými konidiofory kropidláku *Aspergillus westerdijkiae* nalezená po úniku z chovu (obr. 10). Konidiofor *A. westerdijkiae* s typickým kulovitým měchýřkem a masou konidií (11)

12 a 13 Zelený porost houby *Metarhizium anisopliae* na švábu syčivém (*Gromphadorhina portentosa*) z umělého chovu (obr. 12). Na rozvětvených konidioforech *M. anisopliae* vyrůstají řetězky konidií a tvoří nápadné sloupce (snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu, 13).

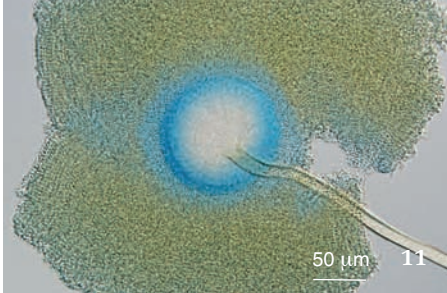
14 a 15 Pídalka jeskynní (*Triphosa dubitata*) usmrcená houbou z rodu housenice (*Cordyceps*) ze štoly v Českém krasu. Stopkaté útvary nesou na koncích shluky drobných plodnic (peritecií, obr. 14). *Cordyceps* sp. vypěstovaný z píďalky jeskynní (15). Z vrcholové části zralého peritecia se uvolňují niťovitá vřecy.

16 a 17 Mrtvý pavouk meta temnostní (*Meta menardi*) porostlý bílou houbou *Engyodontium rectidentatum*. Byl nalezen ve štole Motolského potoka v Praze (obr. 16, foto J. Kočí). Druh *E. rectidentatum* se vyznačuje téměř pravoúhle větvenými konidiofory (17).

18 Houba *Tolyposcladium inflatum* s charakteristickými nafouklými konidiogenními buňkami. Jejich konec ale není opakovaně lomený jako u druhu *B. bassiana* (obr. 5).



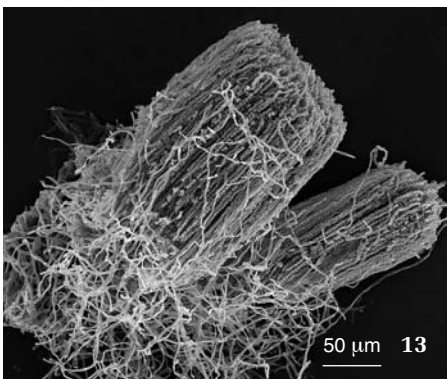
10



11



12



13



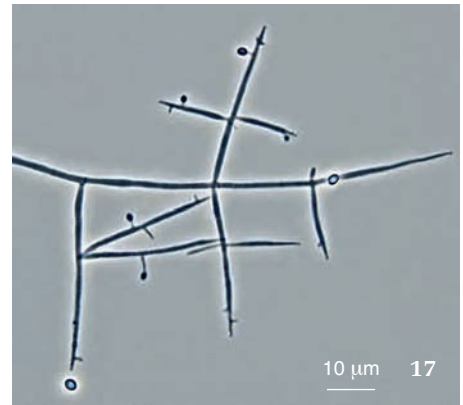
14



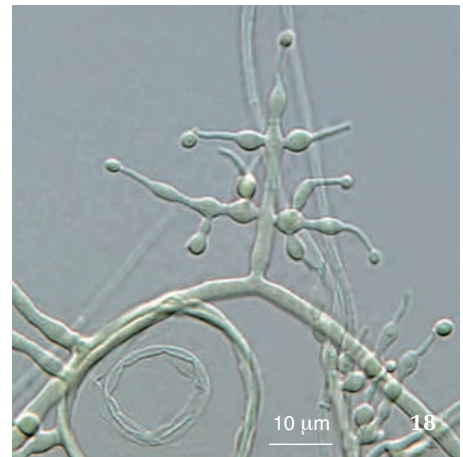
15



16



17



18

Naproti tomu jiné entomopatogenní houby se vyskytují velmi vzácně, ale možná jen nevíme, kde je hledat. Patří k nim např. *Gibellula leiopus*, opět z řádu masenkovitých, specializovaná na pavouky. Ti ale přece nepatří mezi hmyz! Kupodivu i takové houby jsou označovány jako entomopatogenní (asi podobně jako entomologie v širším pojetí tradičně zahrnuje i studium pavouků nebo roztočů). Mikroskopicky klame *G. leiopus* tělem, protože její konidiofory se podobají konidioforům některých zástupců rodu kropidlák (*Aspergillus*). I zmíněný *Aspergillus* na hmyzu najdeme,

ale ne tak často jako houby z rodů *Beauveria* či *Isaria*. Strašilka na obr. 10 utekla z insektária a zhnula v místnosti. Když byla nalezena, na jejím těle rostly nápadně světle žluté konidiofory *A. westerdijkiae* (plesnivkovitá – Eurotiales, obr. 11). V tomto případě však nelze s jistotou říci, zda šlo opravdu o primární patogen, nebo o náhodného saprotrofa, který využil mrtvé tělo. Nicméně v chovech různého hmyzu se občas vyskytne epidemie, která může celý chov zdecimovat. Chováte-li zlatohlávky nebo šváby, můžete být nemile překvapeni nákazou způsobenou houbou *Metarhizium anisopliae* (masenkovitá, obr. 12–13). Jde o významný patogen hmyzu, široce rozšířený, který se specializuje hlavně na brouky (méně na jiné skupiny hmyzu). Na tělech obětí tvoří zelené porosty připomínající štětičkovec (*Penicillium*). Konidiofory se však liší spletutým a nepravidelným větvením a konidie jsou válcovitě protáhlé.

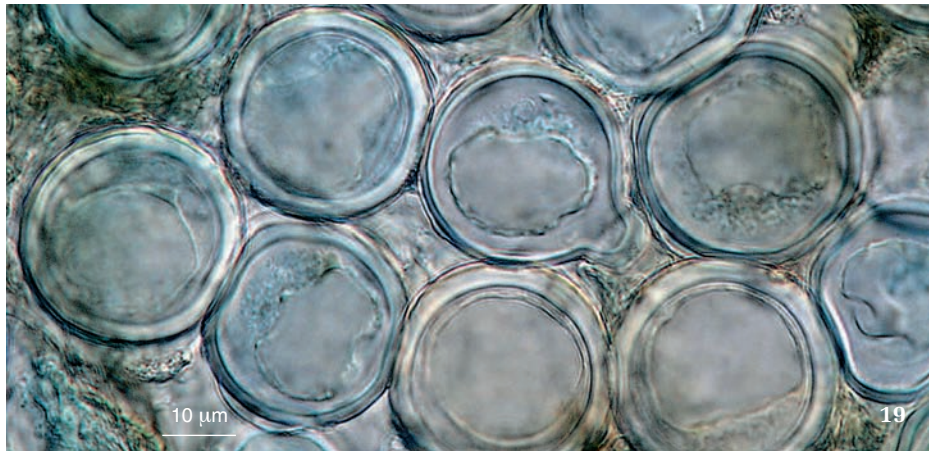
Zajímaví zástupci entomopatogenních hub se vyskytují zvláště v podzemních prostorách, např. ve vinných sklípčích, podzemních štolách nebo jeskyních, které hmyz vyhledává jako úkryty pro přezimování (Kubátová a Dvořák 2005). Do podzemních štol se často stahuje mýra pídalka jeskynní

(*Triphosa dubitata*). Na stěnách štol pak můžeme v zimě najít mrtvá těla jejich dospělců napadená blíže neurčeným druhem housenice rodu *Cordyceps*. Po usmrcení hostitele houba vytvoří na různých částech těla drobné lahvicovité plodnice (peritecia, obr. 14–15) s protáhlými vřecky a nitovitými askosporami. Velmi nápadní jsou v podzemních prostorách mrtvých pavouci obrostlí bílým myceliem. Může na nich parazitovat poměrně vzácně nalézaná houba *Engyodontium rectidentatum* (masenkovitá, obr. 16–17). Konidie tvoří jednotlivě na zoubcích konidiogenních buněk. Méně často ve štolách najdeme mrtvá těla komárů (*Culicidae*) napadená hmyzomorkou *Entomophthora destruens* (Entomophthoromycota, obr. 19). Pro ni jsou typické silnostěnné odpočívající spory. Zajímavé je, že tento druh byl popsán naším parazitologem Jaroslavem Weiserem (také v Živě 2011, 1: V a 2012, 5: CIII); některé z jeho nálezů pocházejí i z vinných sklípků. Mnohem častěji se zřejmě vyskytuje příbuzná hmyzomorka muší (*E. muscae*), napadající i mouchu domácí (*Musca domestica*). Všimaví pozorovatelé ji mohou objevit na mrtvých mouchách nejen v okolí stájí nebo na nemytých oknech, ale také v přírodě.

Jsou entomopatogenní houby užitečné pro člověka?

Stejně jako v přírodě hrají důležitou roli, tak i člověk našel jejich využití. Výše zmíněná housenice čínská je patrně nejstarší entomopatogenní houbou užívanou pro léčebné účinky (Antonín a kol. 2013). V tradiční čínské medicíně figuruje již 2 000 let a je velice ceněna pro své všestranné účinky (podpora dlouhověkosti, léčba chorob plic, srdce, ledvin, pohlavních orgánů apod.). Stromata této houby i s mumifikovanými housenkami jsou sbírána a téměř vyvažována zlatem, především na čínském trhu. Současné výzkumy objevily v droze přítomnost biologicky aktivních látek (kordycepin aj.); ovšem jistý skepticismus zůstává, možná také proto, že droga bývá často falšována. Intenzivní sběr v poslední době vyvolaný poptávkou může vést až k ohrožení housenice čínské v přírodě. V západním lékářství je známé entomopatogenní *Tolyposcladium inflatum* (masenkotvaré, teleomorfa *Cordyceps subsessilis*, obr. 18), příbuzné h. čínské. Jeho životní cyklus však není tak pevně vázaný na hmyz, žije obvykle v půdách chladnějších oblastí. Cyklosporin A, který produkuje, se využívá při transplantacích k potlačení imunitní reakce.

Nicméně těžiště použití entomopatogenních hub leží v oblasti zemědělství a lesnictví, kde přispívají ke kontrole škod-



livého hmyzu jako mykoinsekticidy (případně mykoakaricidy). Marcos R. de Faria a Stephen P. Wraight (2007) uvádějí, že takto bylo ve světě vyvinuto více než 170 produktů, z toho 43 % v Jižní Americe. Kupodivu se však z mnoha druhů entomopatogenních hub využívá jen několik málo (zvláště ty, které lze dobře kultivovat na umělých médiích): *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Isaria fumosorosea* a *B. brongniartii*. U nás se dříve používaly přípravky Boverol a Boverosil, založené na *B. bassiana* a vyráběné v 80. letech několika zemědělskými družstvy v bývalém Československu (Hromas 2012). I v nedávné

19 Hmyzomorka *Entomophthora destruens* tvoří na povrchu komára odpočívající spory. Štola na Rokycansku. Snímky A. Kubátové, není-li uvedeno jinak

minulosti (2007) byla tato houba experimentálně zapojena v boji proti lýkožroutu smrkovému (*Ips typographus*) na Šumavě (Landa a kol. 2007). Účinnost všech těchto biologických prostředků ochrany však kolísá, závisí na aktuálních přírodních faktorech a ekologických vztazích, mnohdy nedostatečně prozkoumaných.

Použitá literatura uvedena na webu Živy.

Pavlna Lysková

Invazivní infekce vyvolané oportunními vláknitými houbami

S vláknitými houbami se běžně setkáváme v každodenním životě, ale všimneme si jich, až když nám např. zplsnívá potraviny, ale asi nás hned nenapadne, že by mohly být zdrojem infekce, a že by dokonce mohlo jít o život. Existují sice skupiny hub primárně infikující kůži a kožní adnex (potní a mazové žlázy, nehty, vlasy ad.; např. dermatofyty – viz článek na str. 262 této Živy), avšak to jsou obvykle infekce povrchové nikoli systémové, které napadají vnitřní orgány. Vláknité houby, jež mohou způsobovat invazivní infekce i u jinak zdravých jedinců, se u nás nevyskytují, jde o dimorfní původce tzv. endemických mykóz (např. *Histoplasma capsulatum*, *Coccidioides immitis* – kazirohovaré, Onygenales, vřeckovýtusné houby – Ascomycota) vyskytující se ve dvou růstových fázích v závislosti na podmínkách prostředí – ve formě vláknité a kvasinkové. Člověk si je může přivést jako suvenýr z cest po oblastech jejich přirozeného výskytu (např. v Severní Americe nebo jižní Asii). Houby žijící v našich podmínkách mohou působit alergenně nebo produkovat toxiny do potravin a vyvolávat mykotoxikózy (blíže v článku na str. CXXXIII kulérové přílohy). Z pohledu invazivní infekce jsou však vláknité mikroskopické houby pro většinu zdravých jedinců zcela neškodné, a proto je nazýváme jako oportunní (příležitostné) patogeny.

Aby patogen mohl vyvolat systémovou infekci u člověka, musejí být na straně hostitele přítomny určité rizikové faktory. Nejčastěji jsou to onemocnění, která vedou

k oslabení imunity. Houby pak mohou překonat přirozené obranné mechanismy hostitele, což se jim jinak nepodaří. Existují skupiny pacientů s dispozicemi pro rozvoj

infekcí způsobených právě oportunními vláknitými houbami. Jednu z nejrizikovějších představují pacienti s rakovinou krevetorných buněk (leukémií), kdy zejména výrazný pokles bílých krvinek neutrofilů (neutropenie) v důsledku léčby cytostatiky umožní vznik a rozvoj těchto infekcí. Dále to mohou být např. pacienti po transplantacích orgánů, kteří doživotně užívají kortikosteroidy k potlačení imunity, nebo HIV pozitivní, resp. nemocní AIDS. Obecně platí, že čím horší imunita, tím horší (rychlejší) průběh houbové infekce. U těžce imunokompromitovaných pacientů invazivní infekce často končí fatálně. Nákazy oportunními vláknitými houbami bývají nejčastěji exogenní – získané z prostředí, na rozdíl od endogenních, kdy se zdrojem stává pacientova vlastní mikroflóra (např. kvasinkové infekce). Nejčastější oportunní infekcí v našich podmínkách je aspergilóza a jejím hlavním vyvolavatelem kropidlák *Aspergillus fumigatus* (plesnivkotvaré – Eurotiales, vřeckovýtusné houby; viz dále).

Diagnostika infekcí vyvolaných vláknitými houbami nemusí být snadná. Tyto houby mohou pacienta přechodně kolonizovat nebo být pouhou kontaminací. Jejich spory jsou všudypřítomné, takže je obvykle vdechneme, a tím se dostanou do plic, kde je imunitní systém posléze eliminuje fagocyty (plicními alveolárními makrofágy). Proto nemusí být vyhodnocení nálezu vláknitých hub z klinického vzorku jednoduché. Když izolujeme *A. fumigatus* ve sputu (sekretu vykašláváním z dýchacích cest), jde o kolonizaci, nebo už o infekci? Kromě mikrobiologických nálezů lékaři hodnotí klinické příznaky (ty však jsou u těchto infekcí nespecifické; kašel, horečka, bolest na hrudi atd.), nálezy pořízené