

## Quo vadis, taxonomie mikroskopických hub?

Taxonomie patří mezi popisné disciplíny. Jejím cílem je popis nových taxonů (druhů, rodů a vyšších taxonomických jednotek, např. čeledí nebo řádů) a jejich uspořádání podle předpokládané vzájemné příbuznosti. Výchozím materiálem jsou v případě taxonomie hub sběry nebo izoláty z prostředí, které nejprve určíme. Určování (determinace) probíhá obvykle na základě fenotypových znaků, zahrnujících nejen morfologii, ale i další charakteristiky (rychlost růstu, schopnost růstu při určité teplotě, produkci sekundárních metabolitů v kultuře apod.), a molekulárních dat, především sekvencí určitých vybraných úseků DNA. Taxonomická práce tudíž často navazuje na terénní studia diverzity určité taxonomické skupiny hub v konkrétní oblasti nebo na určitém substrátu, při nichž je sebrán nebo izolován z prostředí čerstvý materiál a doplněn o herbářové položky či kultury ze sbírek. Význam terénního studia mykobioty a navazující taxonomické práce je zřejmý – podat přehled o diverzitě určité skupiny organismů, přispět ke znalosti jejich rozšíření a ekologie a na základě srovnávacího studia popsat druhy a vyšší taxony nové pro vědu. Tyto studie tak doplňují znalosti lokální biodiverzity ekosystémů a jsou podkladem pro znalost globální biodiverzity, jejího modelování, i stanovení stupně ochrany konkrétních území.

Můžeme bezpochyby říci, že Evropa byla jedním z center mykologického výzkumu 20. stol., a to díky mykologickým týmům v rámci univerzit, muzeí a sbírek kultur. Mezi nejvýznamnější patřily skupiny vědců z univerzity v německém Tübingenu, britského International Mycological Institute (IMI) se sídlem v Kew na předměstí Londýna (obr. 1) a z nizozemské sbírky hub Centraalbureau voor Schimmelcultures (CBS), která postupně sídlila v Delftu, Baarnu a nyní v Utrechtu (v r. 2017 byla přejmenována na Westerdijk Fungal Biodiversity Institute). Pro jejich systematickou činnost patřily především Britské ostrovy mezi mykologicky nejlépe prostudované

oblasti světa a s určitou nadsázkou lze říct, že každá houba v současnosti nalezená ve Velké Británii má už jméno. Byť nemusí být význam pro tuto znalost mykobioty hned patrný, srovnání počtu druhů hub a cévnatých rostlin na Britských ostrovech se stalo základem pro první studie odhadující celkový počet druhů hub (Hawksworth 2001). Běžným typem prací především z období 60.–70. let 20. stol. byly přehledy mykobioty (dříve jako mykoflóry) určité oblasti nebo určitého substrátu založené na sběru v terénu spojené s popisem několika nových druhů pro vědu. Tehdy vycházely v nejprestižnějších britských (Transactions of British Mycological

Society, později přejmenovaný na Mycological Research a Fungal Biology), rakouských (Sydowia) a holandských (Persoonia) mykologických časopisech. Současně z těchto pracovišť vzešla i rozsáhlá kompendia – práce zabývající se především vřeckovýtusnými houbami – Dematiaceous Hyphomycetes (1971), More dematiaceous Hyphomycetes (1974) a British Ascomycetes (1978). Tyto publikace zahrnují stručné popisy a vyobrazení většiny tehdy známých rodů a několika jejich běžných zástupců a patří i v současnosti mezi první volbu při určování nalezených hub. Samozřejmě od té doby došlo k popisu nových druhů a změnily se i druhové a rodové koncepty taxonů uvedených v publikacích, ale pro zařazení nalezené houby alespoň rámcově do rodu jsou stále nepostradatelné. Mimo Evropu náležely v té době ke špičce (a většinou stále patří) mykologická pracoviště např. v rámci herbářů Canadian National Mycological Herbarium (podle původního jména Department of Agriculture, Ottawa, Mycology nese zkratku DAOM) v Ottawě a University of Alberta Microfungus Collection and Herbarium (UAMH) na univerzitě v Albertě v Kanadě, sbírky v americké Peorii (původním jménem Northern Regional Research Laboratory, NRRL), institutu Forestry and Agricultural Biotechnology Institute (FABI) v jihoafrické Pretorii, univerzity v indickém Madrásu nebo ve sbírce hub v japonském Kóbe.

Studium diverzity hub představuje stále aktuální téma, ale došlo ve srovnání s minulostí k výraznému posunu v metodice. Do popředí se dostávají práce týkající se diverzity především endofytních hub v pletivech rostlin (více v článku na str. 227) a mikroskopických hub z dalších substrátů založené na kultivačním přístupu spojeném s identifikací na základě molekulárních dat. Tento typ studia je dosud populární v Evropě i v Severní Americe, nicméně vzhledem k vyšší diverzitě rostlin v tropech je jasné, že perspektivní do budoucna je studovat tyto tropické ekosystémy. I přes určitou šablonovitost (sběr v terénu, sterilizace, kultivace, určování vyrostlých hub na základě srovnání sekvencí DNA, v podstatě bez nutnosti řešit morfologii zaznamenaných druhů) jsou nesmírně významné pro navazující taxonomické práce a objevy druhů hub s biotechnologickým potenciálem, pro něž je klíčové mít daný druh v čisté kultuře.

I pomyslná „mapa“ studia taxonomie mikroskopických hub dnes vypadá jinak. Z evropských center zůstává v současnosti stále aktivní jen nizozemská CBS. Této instituci se daří spojovat několik vědeckých aktivit, především dlouhodobé udržování největší evropské sbírky kultur hub, výzkum v oblasti taxonomie mikroskopických hub, služby pro veřejnost (konzultace a určování mikroskopických druhů hub) a pokračuje i ve vydávání časopisů

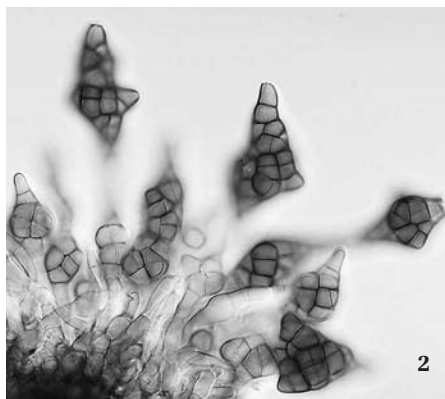
1 Jodrell Laboratory v Royal Botanical Gardens (RBG) v Kew ve Velké Británii. Její součástí jsou vědecká pracoviště zabývající se fylogenezí a taxonomií hub a lišejníků, i rozsáhlé herbářové sbírky hub (sloučené sbírky RBG a International Mycological Institute, IMI).



Persoonia – Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi a Studies in Mycology (posledně jmenovaný je dnes nejvýše hodnoceným mykologickým periodikem). V r. 2011 zde také vyšla aktualizovaná publikace Genera of Hyphomycetes, která navázala na stejnojmenné dílo z r. 1980 vydané univerzitou v Albertě. Tento přehled rodů anamorfních askomycetů (tedy jejich nepohlavních stádií) s vyobrazením jednoho typického zástupce a kompletním přehledem literatury k danému rodu znamená nepostradatelný zdroj k určování těchto hub. Evropě silně konkurují velké týmy mykologů zabývajících se taxonomií mikroskopických hub v Asii, především v Číně a Thajsku. Např. v thajském Institute of Excellence in Fungal Research, jenž (alespoň podle jména) zahrnuje špičkový výzkum ve studiu hub na univerzitě Mae Fah Luang, vzniká v současnosti množství taxonomických studií, převážně asijských tropických skupin hub. Jsou publikovány především v asijských časopisech s dlouholetou tradicí (Fungal Diversity vydávaný v Kunmingu v Číně), nebo relativně nedávno založených (Mycosphere). Zároveň zde vznikají novodobá on-line kompendia, která by měla zahrnovat popisy, taxonomické zařazení a vyobrazení známých a nově popisovaných druhů (např. Faces of Fungi na [www.facesoffungi.org](http://www.facesoffungi.org)).

Tento geografický posun na jednu stranu odráží vědecký pokrok na asijských univerzitách, především schopnost vlastního studia biodiverzity místních tropických ekosystémů (v minulém století prováděného spíše evropskými a severoamerickými specialisty, podobně jako v případě jiných skupin organismů), má ale i několik negativ. Jedním z nich je specifická vědecká kultura těchto pracovišť, hlavně snaha o rychlé získání a následnou rychlou publikaci nových výsledků bez dostatečných zkušeností v oboru a metodických dovedností. Těmto mykologům mnohdy chybí širší mykologické a obecně biologické vzdělání typické pro evropský vzdělávací systém, kritický náhled na vlastní výsledky a dostupnost evropské a severoamerické literatury, která zatím nebyla digitalizována a zpřístupněna on-line (ale je např. běžná v evropských univerzitních knihovnách). Přehnaný význam přisuzovaný molekulárním datům vede k tomu, že jsou při porovnávání opomíjeny již popsané druhy identifikovatelné podle morfologie, ale zatím bez známé sekvence DNA. Výsledkem tak bývá povrchní studium čerstvých sběrů, nepřesné určení z důvodu nedostupnosti primárních zdrojů s důkladnými popisy, chybně prováděné a interpretované analýzy molekulárních dat. Z toho vyplývají nesprávné popisy nových druhů, kdy jsou ve skutečnosti popisovány už druhy dávno známé. V kombinaci s rovněž asijskými recenzenty v domácích vědeckých časopisech jsou pak tyto výsledky publikovány, čímž se i chyby v nich stávají „oficiální“.

Důvodů pro tento geografický posun je více. V první řadě zanikly evropské mykologické týmy, svým způsobem přirozeně, kdy nová generace vědců neviděla perspektivu v taxonomii, nebo v mykologii obecně. Taxonomie si za to ale mohla částečně sama přílišným důrazem na vyčerpávající studium co největšího množství srovnáva-



2 Mnohobuněčné zdovité nepohlavní spory (konidie) druhu *Phragmotrichum chailletii*. Ačkoli se tento nápadný druh na jaře běžně vyskytuje na smrkových šiškách v opadu, není dosud známa žádná sekvence jeho DNA, tudíž ani postavení v systému vřekovýtusných hub (Ascomycota). Snímky O. Koukola

cího (referenčního) materiálu v podobě herbářových položek, co nejdětalnějších popisů a až do r. 2010 v případě rostlin a hub povinného popisu v latině. Současně došlo k přesunu peněz do dynamicky se rozvíjejících mykologických oborů (ekofyziologie, fytopatologie, buněčné signalizace, produkce sekundárních metabolitů apod.) a biodiverzitní studie začaly probíhat na základě ryze molekulárních dat (tzv. environmentálních sekvencí získaných z celkové DNA extrahované ze vzorku odebraného na určitém stanovišti, také Živa 2017, 3: 118–120), což vylučuje navazující taxonomickou studii – alespoň prozatím, než bude možné popsat nové druhy čistě na základě environmentální sekvence. Taxonomii ale dodal vzpruhu nástup molekulárních metod a diagnostické značky získané ze srovnání sekvencí DNA. Se stále se snižující náročností získat molekulární data a s klesající cenou za analýzy začaly vznikat nové dynamické týmy. Jejich členové se už nenechali tolik ovlivnit starými dogmaty a spíš hledali odpovědi na taxonomické otázky v analýzách DNA. Tyto týmy vznikly kromě Evropy na zmiňovaných asijských univerzitách a je možné, že v brzké budoucnosti budou asijské taxonomové převažovat.

V současnosti je proto v Evropě velmi těžké získat financie z grantové agentury na projekt základního výzkumu zaměřený čistě na taxonomii hub. Tento fakt představuje současně výzvu pro mykology k hledání nových výstupů studií týkajících se biodiverzity a taxonomie, jako jsou např. aspekty ekologie, virulence, fyziologie dané skupiny hub s důrazem na závažnost tématu např. v kontextu šíření patogenních druhů. Důvodů, proč se stala čistá taxonomie tak neatraktivní disciplínou pro poskytovatele financí na výzkum, bude více, ale tím hlavním je nejspíš metodická „archaičnost“. V taxonomii je stále nejdůležitějším nástrojem optický mikroskop, byť už od dob van Leeuwenhoeka prodělal výraznou proměnu a často je nutné se podívat i mikroskopem elektronickým! Molekulární metody používané v taxonomii jsou v podstatě také rutinní a většina taxonomických studií v mykologii nepatří mezi ty, které by

využívaly nejmodernější celogenomové analýzy (ačkoli se tento přístup začíná prosazovat v taxonomii rostlin a obratlovců), nemluvě o proteomice a jiných inovativních postupech už i proto, že tato data jsou pro houby stále dost vzácná, a tudíž scházejí referenční údaje. Bohužel pro vědce, má taxonomická práce málokdy charakter experimentálních studií a neoplývá oslnivým designem prováděných výzkumů. Pro sběr materiálu je často důležitější zkušenost s trochou štěstí v terénu, pro vyhodnocení morfologických rozdílů stačí jednoduchá statistika. V neposlední řadě mívá minimální aplikovatelnost výsledků. Jediné prostředky na taxonomii tak pocházejí z projektů, které si kladou jiné cíle a taxonomickou charakteristiku studovaných druhů hub si přidávají jako jeden z menších, spíše upozaděných cílů, z institucionálních prostředků nebo z prostředků mimo výzkum a vývoj. Podfinancování našťastí odhlané a nadšené taxonomy úplně neodradí. Pomineme-li vstupní investice do kvalitní optiky a spolupracujeme-li s laboratoří schopnou analyzovat molekulární data, vlastní práce je sice časově velmi náročná, ale zároveň levná. Můžeme se proto setkat s fenoménem, který nemá v jiném mykologickém odvětví obdoby, a tím je mykolog-taxonom amatér. Mezi evropskými odborníky najdeme několik osobností, které získaly mykologické vzdělání na univerzitě, ale následně se rozhodly nebýt součástí klasického „vědeckého soukolí“, a přesto provádějí špičkový taxonomický výzkum mikroskopických vřekovýtusných hub hrazený z vlastních zdrojů.

Je ale opravdu taxonomie hub, tedy popisy nových druhů (a jiných taxonomických jednotek), přejmenování starých druhů na základě nově zjištěných informací, případně monografické studie celých rodů, čeledí apod., opravdu zbytečné? Určitě ne. V případě hub, kde odhadem známe a máme pojmenováno asi 3–8 % z celkového počtu druhů (podle toho, jestli uvažujeme odhadovanou diverzitu hub na 1,5 nebo až čtyři miliony druhů), je zřejmé, že tento výzkum bude vždy perspektivní z hlediska nových objevů. Nové druhy mikroskopických hub můžeme stále najít i ve střední Evropě a zvláště pak v tropických oblastech je celkem pravidlem, že jakýkoliv průzkum vede k popisu nových druhů. Kromě toho je svým způsobem objevem i nalezení dosud velmi vzácného druhu, známého např. z jediné lokality nebo první izolace do kultury, která vede k extrakci DNA (u mikroskopických hub často není možné získat čistou DNA, pokud rostou na substrátu s dalšími druhy hub) a zjištění pozice daného druhu v přirozeném fylogenetickém systému (obr. 2). Současně by se taxonomie měla co nejvíce provázat s dalšími obory. Jméno nic neznamena, pokud o daném druhu nemáme další informace. Navíc v jiných oblastech mykologie (především v aplikované sféře) je zcela běžné, že pokud se najde druh výjimečnou svou ekologií, produkcí sekundárních metabolitů nebo enzymů, jeho určení do druhu, případně popsání nového druhu, je tou poslední starostí.

Použitá literatura uvedena na webu Živy.

# Fascinující houby – jak o nich učit a kde je najít

Většina absolventů gymnázií, a to i přírodovědných, se jistě shodne, že houbám (natož pak mikroskopickým) bylo v rámci osnov věnováno minimum času. V Rámcovém vzdělávacím programu (RVP) pro nižší ročníky víceletého gymnázia jsou zakotveny pouze výstupy týkající se rozpoznání našich nejnámějších jedlých a jedovatých hub s plodnicemi a jejich morfologické srovnání, vysvětlení způsobu výživy hub a významu v ekosystému a potravních řetězcích a objasnění funkce hub ve stélce lišejníků. V případě RVP pro vyšší ročníky víceletých gymnázií a klasická čtyřletá gymnázia jsou výstupy už pouze dva: žák pozná a pojmenuje (s možným využitím různých informačních zdrojů) významné zástupce hub a lišejníků a posoudí ekologický, zdravotnický a hospodářský význam hub a lišejníků. Důraz kladený na odlišení plodnic jedovatých hub od jedlých je pochopitelný, uvážíme-li, že houbaření patří mezi nejrozšířenější rekreační aktivity u nás a že ročně dochází k několika úmrtím z důvodu otravy. S jistou nadsázkou a ironií lze poznamenat, že takto koncipovanému RVP možná vděčíme za to, že těchto úmrtí není ročně několikanásobně více. Na druhou stranu ve srovnání s výstupy u jiných, srovnatelně početných a významných skupin organismů je počet požadovaných výstupů pro houby několikanásobně nižší, a to bez zcela zřejmého důvodu.

Cílem tohoto příspěvku není zahltnout množstvím informací o biologii hub, především těch mikroskopických, které by v lepším případě žáky zmátly, v horším ještě více utvrdily, že o houbách je lépe nic nevědět. Vhodnější je na konkrétních příkladech ukázat, jak lze ve výuce spojit odborné aspekty s výchovnými, propojit znalosti z biologie hub s těmi z jiných oborů biologie a jak využít houby běžně rostoucí kolem nás v praktické výuce. Spoustu námětů skýtají jednotlivé články tohoto čísla *Živá*, ale na některé se nedostalo.

## Dekompozice

Houby jsou přítomny ve všech ekosystémech (suchozemských neboli terestrických, i vodních) a některé klíčové procesy se bez nich neobejdou. Jedním z nich je koloběh živin v půdě. Každý terestrický ekosystém má svá specifika, co se týče složení vegetačního krytu, a to stejné platí i pro složení bioty a procesy v půdě. Omezíme-li se na naše temperátní jehličnaté a opadavé lesy a různé typy bezlesí, houby v nich zastávají klíčovou roli při rozkladu (dekompozici) mrtvé organické hmoty, tvořené především rostlinnou biomasou. Z chemického hlediska jde hlavně o celulózu (nejběžnější biopolymer na Zemi), lignin a další sloučeniny. Nejúčinnějšími rozkladači těchto látek jsou houby, a to zejména stopkovýtrusné (Basidiomycota – hlavně zástupci třídy Agaricomycetes) saprotrofní a ekto-mykorhizní (které ostatně v evoluci vznikly ze saprotrofních hub, viz článek na str. 198). Díky jejich celulolytickým a oxidativním enzymům si dokážou poradit se všemi

organickými polymery a v účinnosti kolonizace a rozkladu nemají konkurenci mezi jinými mikroorganismy (včetně bakterií). Bez rozkladu těchto látek by byl tok živin v podstatě jednosměrný a končil uložením uhlíku, dusíku a dalších prvků v nerozložené biomase. Podle některých teorií jsou právě mohutné uhlenné depozity následkem chybějící schopnosti hub rozkládat



lignin z mocných sedimentů rašeliny v období prvohor (která byla navíc extrémně stlačena tektonickými posuny). O rozkladu dřeva se můžeme snadno přesvědčit při vycházce do lesa, kde najdeme větve, pařezy a kmeny částečně nebo úplně rozložené bílou či hnědou hnilobou (také v *Živě* 2013, 2: 54–57). Pokud chceme se studenty podrobněji prostudovat některou dřevokaznou houbu, není nic snazšího než zajít do supermarketu a zakoupit čerstvou hlívu ústřičnou (*Pleurotus ostreatus*), která patří mezi houby bílé hniloby. Dekompozici dřeva, ani adaptace hlívy k tomuto procesu sice demonstrovat nelze, neboť to je dlouhodobý proces zprostředkovaný myceliem hlívy a vylučovanými enzymy, ale plodnice se dají využít k pozorování typických mikroskopických znaků hub stopkovýtrusných – bazidií a bazidiospor. V případě pokročilejších praktik pak můžeme zkusit získat čistou kulturu z plodnice. Protože povrch plodnic bývá pokrytý sporama jiných hub, je potřeba plodnici nejprve rozlomit. Na Petriho misku s agarovou živnou půdou (příprava viz Janderová a Zikánová 2009) přeneseme sterilní pinzetou (např. ožihnou nad lihovým kahanem a ochlazenou na okraji Petriho misky s agarem) kousek pletiva z vnitřku plodnice. Po týdnu udržování misek v temnu a pokojové teplotě můžeme pozorovat husté bílé mycelium vytvářející pravidelnou kruhovou kolonii kolem vloženého pletiva. Při mikroskopování tohoto mycelia studenti uvidí i další znak charakteristický pro většinu hub stopkovýtrusných – přezky na myceliálních přehrádkách.

Jak název „dřevokazná“ napovídá, ne vždy je činnost těchto hub žádoucí a vítaná. Nemusí jít jen o dřevostavby a konstrukce napadené dřevomorkou domácí (*Serpula lacrymans*; viz uvedený článek v *Živě* 2013, 2), parazitické dřevokazné houby mohou působit škody i v hospodářských lesích a na okrasných dřevinách. Poměrně často se i ve městech setkáme s trsy plodnic klanolístky obecné (*Schizophyllum commune*) na opadaných větvích javorů a jiných listnatých dřevin, ale také na kmenech a větvích dosud stojících stromů, kde se chovají jako paraziti a mohou strom zahubit (obr. 1). Klanolístka obecná se navíc vyznačuje neobvyklou tolerancí k vysokým teplotám a nízkému obsahu vody v substrátu. Její plodnice se běžně objevují i v suchých obdobích a na osluněných stanovištích. Snáší teploty přes 36 °C, což jí umožňuje přežívat dokonce v lidském těle. Byť šlo v historii jen o jednotlivé případy (ale právě takové kuriozity studenti zajímají), rostoucí mycelium klanolístky bylo několikrát nalezeno v průdušnicích dospělého člověka a muselo být operativně odstraněno (Baldrián a Gabriel 1998).

## Mykorhizy

Další nepostradatelnou skupinou hub v půdě jsou houby mykorhizní. Je to taxonomicky i ekologicky velmi heterogenní

**1** Trsy plodnic klanolístky obecné (*Schizophyllum commune*) na kmeni javoru v univerzitním kampusu Goetheho Univerzity ve Frankfurtu nad Mohanem (Německo)

soubor hub, které mají symbionty ze všech skupin rostlin cévnatých a určitou paralelu k mykorrhizní symbióze nacházíme i mezi houbami a mechorosty (zde nelze hovořit o mykorrhize, neboť mechorosty nemají kořeny, ale rhizoidy). O arbuskulární mykorrhize pojednávají v tomto čísle dva články (na str. 233–239), které shrnují základní podstatu fungování symbiózy, její význam pro rostliny i houby a možnosti využití cíleného očkování rostlin v zemědělství. Ačkoli je arbuskulární mykorrhiza tím nejrozšířenějším typem mykorrhizy, není při běžném pozorování rostlin vůbec patrná. K jejímu cílenému pozorování ale stačí poměrně málo a můžeme si v rámci praktických cvičení prohlédnout obarvené kořeny trav (lipnicovitých – *Poaceae*) nebo bobovitých rostlin (*Fabaceae*) s typickými mykorrhizními útvary (viz pracovní listy k výuce na webové stránce Živa). Alternativně se dají získat odborně barvené kořínky fixované v kyselině mléčné z některého pracoviště zabývajícího se studiem arbuskulárních mykorrhiz (např. Botanický ústav nebo Mikrobiologický ústav Akademie věd ČR).

Naproti tomu „produkt“ ektomykorrhizy lze vidět poměrně dobře v podobě plodnic ektomykorrhizních stopkovýtrusných hub. Bez propojení jejich mycelia s kořeny dřevin plodnice nevzniknou a dosud není jasné, které faktory nebo chemické sloučeniny jsou za tento proces zodpovědné. Z toho důvodu zatím nejsme schopni vypěstovat plodnice hřibů, křemenáčů, kozáků nebo holubinek v pěstírně na substrátu, jak je tomu běžné u hlívy nebo žampionů, ale musíme na ně chodit do lesa. Podobně dobře uvidíme ektomykorrhizu na kořenech dřevin z čeledi bukovitých (*Fagaceae*), březovitých (*Betulaceae*) a borovicovitých (*Pinaceae*). Kořínky mají charakteristicky tupě zakončené, někdy vidličnaté větvené, různě zbarvené a bez vlasových kořínků. Jmenné vlášení, které pozorujeme pod binokulární lupou na promytých kořenech v Petriho misce s vodou, jsou hyfy ektomykorrhizní houby. Ostatní typy mykorrhiz se nejspíš v praktické výuce nevyužijí, ale není na škodu zmínit, že bez erikoidní mykorrhizy by vypadala tundra úplně jinak. Nepřežila by v ní jediná erikoidní rostlina (tedy zástupci řádu vřesovcotvaré – *Ericales*, jako např. vřesy nebo borůvky) a bez orchideoidní mykorrhizy by pro změnu neexistovaly rostliny s nejkrásnějšími květy, orchideje neboli vstavačovité (Živa 2016, 4: 168–171). Jako perličku je možné doplnit, že nezelené mykotrofní rostliny pozměnily výměnu živin s houbovým myceliem v čistý příjem živin a na houbě parazitují (Živa 2010, 5: 204–208).

### Paraziti rostlin

Třetí skupinou klíčovou pro fungování většiny ekosystémů jsou houby parazitické. Během evoluce dokázaly využít jako hostitele rostliny, živočichy i jiné houby. Příklady jejich parazitování a efekt na hostitele jsou nespočetně různorodé a zahrnují mírné parazity způsobující např. jen skvrny na listech rostlin až druhy, které zapříčiní rychlou smrt zdravých dospělých jedinců během jediné sezony. Pouze u hub nacházíme druhy, které se v rámci životního cyklu chovají současně jako sapro-

trofí a příležitostní paraziti, nebo paraziti přecházející po uhybnutí hostitele na saprotrófní výživu. Podobná flexibilita ve změně ekologie během života jednoho organismu je v rámci eukaryot zcela výjimečná!

Parazitické houby představují přirozenou součást složitých potravních vztahů v každém ekosystému, ačkoli je máme ve zvyku vnímat jako škodlivé a nepatřičné (zvláště pokud jsme hostiteli my sami nebo hospodářské plodiny). Např. parazitické dřevokazné houby napadají staré stromy v lesních porostech a mrtvé stromy (stojící i ležící) znamenají stanoviště pro celou řadu živočichů. V případě rozšíření některého druhu dřevokazné houby v hospodářském porostu (navíc vysázeném v nepřírodných podmínkách a jako monokultura) nebo zavlečení exotického parazita do nového prostředí může už docházet k rozsáhlým škodám a hospodářským ztrátám. Mezi rostlinné parazity patří k současným „celebritám“ lze bezesporu zařadit voskovičku jasanovou (*Hymenoscyphus fraxineus*, Živa 2014, 1: 7–10) způsobující předčasný opad listů jasanů a nekrózy na výhonech, větvích i kmenech. Následky její celoevropské epidemie pozorujeme i u nás. V první řadě symptomy (prosychání větví v koruně) a v druhé řadě i plodnice voskovičky na tlejících řapících v opadu. Následky rozšíření původců grafiozy jilmů (druhů *Ophiostoma ulmi* a *O. novo-ulmi*) vedly téměř k úplné likvidaci jilmů v Evropě v druhé polovině 20. stol. (a mimo jiné k ohrožení některých živočichů vázaných svým životem na jilmu). I když dnes tyto stromy nacházíme v lesních porostech, jde pouze o mladé jedince vysazené nebo přirozeně zmlazené po ústupu grafiozy.

Některé parazitické druhy se vyskytují i v současnosti, ale díky karanténním a jiným opatřením už nepůsobí žádné škody, přestože v minulosti dokázaly významně zasáhnout do sociálních, ekonomických a demografických poměrů lidské společnosti. Rozšíření rzi *Hemileia vastatrix* na kávovníkových plantážích v britských koloniích druhé poloviny 19. stol. vedla k jejich devastaci a přechodu na pěstování čajovníku. V Británii se díky tomu rozmohlo ve větší míře pití čaje na rozdíl od předchozí preference kávy. Paličkovice nachová (*Claviceps purpurea*) přetvářející obilky obilnin ve sklerocia zase působila lokální epidemie otrav v různých částech Evropy a Severní Ameriky od starověku až do konce 19. stol. (viz článek na str. 266). Tyto otravy měly i sociálně-lékařský podtext, neboť vedly ke specializaci jednoho z mníšských řádů (řád sv. Antonína) na péči o silně intoxikované jedince, a to včetně zvládnutí amputace končetin postižených nekrozou.

I v současnosti, kdy máme rozsáhlé možnosti včasné detekce a identifikace parazitických hub a účinné prostředky na jejich hubení, dochází ke kalamitním škodám na zemědělských plodinách. Příkladem mohou být nové virulentní kmeny rzi travní (*Puccinia graminis*), které se šíří z Afriky a snižují výnosy pšenice při silném napadení až o 70 %. Kvůli pěstování obilnin formou velkoplošných jednodruhových polí je těžké zabránit šíření nákazy. Celosvětovým problémem je také druh *Magnaporthe grisea*, parazitující na rýži – roční

ztráty způsobené tímto druhem by podle odhadů vystačily pro nasycení 60 milionů lidí. Onemocnění banánovníků způsobené několika blízcí příbuznými druhy rodu *Pseudocercospora* znamená celosvětově až 40% ztrátu pěstovaných banánů ročně. I zde je ochrana velmi obtížná, neboť všechny banánovníky na plantážích jsou klonové odrůdy (Cavendish), a proto nemají žádnou genetickou diverzitu (Živa 2016, 6: 277–281). Stačí jediný silně virulentní kmen některého z parazitických druhů hub a jeho šíření nic nezabrání.

Pomineme-li globální hrozby a ekonomické škody jdoucí do milionů dolarů, se „skromnými“ následky houbových chorob se můžeme setkat všude kolem nás a některé z nich dobře poslouží pro vysvětlení morfologie, symptomatologie a životního cyklu. Kadeřavka broskvoňová (*Taphrina deformans*) deformuje a zbarvuje listy broskvoní a při silnější náaze stromu způsobuje předčasný opad nezralých plodů. Na příčném řezu napadeného listu (který může být prokoukou šikovnosti studentů) vidíme vývojově primitivní vrůstka a samotné pozorování napadených listů může být využito při výuce růstových změn rostlin po napadení parazitickými organismy. Jedny z nejčastějších druhů parazitických hub jsou padlí (Erysiphales), která současně snadno najdeme v přírodě (i v městské vegetaci) na různých rostlinách. Jejich plodnice jsou pokryté tvarově nevšedními přívěsky a představují ideální objekt pro mikroskopické pozorování. Preparát vytvoříme pomocí preparační jehly seškrábnutím povrchového mycelia s plodnicemi z listu do kapky vody nebo kyseliny mléčné. Druhou možností je obtisk listu nalepením a stržením průsvitné lepicí pásky a její nalepení na kapku vody na podložní sklíčko. Pokud se nám podaří určit hostitele, je velice snadné podle něj určit i druh padlí (stačí k tomu internetový vyhledávač) vzhledem k vysoké specializaci druhu na druh. V okolí školy jistě nalezneme i různé rzi. Rez hrušňová (*Gymnosporangium sabinae*) střídá hrušeň a jalovec čínský nebo j. chvojku jako hostitele. Na hrušni způsobuje viditelné skvrny na listech vedoucí k oslabení stromu a předčasnému opadu nezralých plodů. Na jalovcích naproti tomu znamenají ložiska zimních výtrusů (telia s teliosporami) „jen“ estetickou škodu a vzhledem k častému pěstování jalovce čínského a jeho kříženců jako okrasné dřeviny není obtížné pozorovat tuto rez na větvích. Přenesením drobné části čerstvého, ale i sušeného telia do kapky vody nebo kyseliny mléčné je připraven preparát se zimními výtrusy a při větší dávce štěstí lze dokonce pozorovat jejich klíčení v bazidie s bazidiosporami.

### Paraziti hub a živočichů

Houby parazitují také na jiných houbách a přesvědčíme se o tom i při houbaření. Kdo by ostatně neznal plodnice některých druhů suchohřibů pokryté bílým myceliálním porostem, který patří zástupcům rodu nedohub (*Hypomyces*). Poměrně často najdeme v jehličnatém lese i plodnice helmovky (*Mycena*), s klobouky porostlými parazitickými houbášem hnědým (také ježohubka – *Spinellus fusiger*, obr. 2). Její porost tvoří sporangiofory zakončené



2 Plodnice helmovky (*Mycena* sp.) s kloboukem porostlým mykoparazitickou spájkovou houbou *Spinellus fusiger* (Mucoromycota). Snímky O. Koukola

černými sporangii, takže celá plodnice připomíná jehelníček se spoustou jehel. Jednou z atraktivních mykoparazitických hub je také housenice cizopasná (*Elaphocordyceps ophioglossoides*). Její charakteristická hnědá stromata docela často vyrůstají z půdy v jehličnatých lesích. Po pečlivém a opatrném vyhrabání se dostaneme i k jejich hostitelům – hlízovitým plodnicím houby podzemky (*Elaphomyces* sp.), prorostlým charakteristicky žlutavými myceliem housenice (jinými slovy, pokud chceme objevit podzemku, stačí najít housenici).

Paraziti živočichů zahrnují nesmírně diverzifikovanou skupinu hub, která napadá bezobratlé, a dále velký počet druhů doložených z obratlovců včetně člověka. Nepoměrně větší množství druhů doložených z bezobratlých a obratlovců s nestálou tělesnou teplotou je dáno tím, že běžná stálá teplota těla teplokrevných živočichů (např. u člověka 36,5 °C) je nad 35 °C, tedy nad horní hranici pro růst většiny druhů hub. Pouze poměrně málo druhů si vyvinulo schopnost růstu za vysokých teplot (o termofilních a termotolerantních houbách blíže v článku na str. 208), nebo napadají pokožku, která má nižší teplotu, a pokožkové deriváty (nehty, vlasy, srst, šupiny). Další rozdíl spočívá v účinku na hostitele, kdy paraziti bezobratlých způsobují v drtivé většině případů úmrtí hostitele, zatímco paraziti obratlovců jen relativně vzácně, jejich napadení se projevuje spíše povrchovými infekcemi (také Živa 2012, 3: 107–110). Z této teorie lze uvést i poměrně „atraktivní“ příklady, jak mohou být tyto druhy hub pro člověka přínosné, nebo naopak nebezpečné.

Jedním z druhů, které napadají prezimující housenky motýlů, je housenice čínská (*Ophiocordyceps sinensis*, dřívě

*Cordyceps sinensis*), využívaná již několik staletí v tradiční čínské medicíně. Rostoucí poptávka po mumifikovaných housenkách se stromaty této houby bohužel vede ke stále intenzivnějšímu sběru a housenice čínská patří k ohroženým vyhubením z důvodu vysbírání v přírodě. Některé z druhů entomopatogenních hub jsou využívány v biologickém boji proti škodlivému hmyzu (viz článek na str. 250). Naproti tomu stojí stále častější infekce člověka dermatofytními houbami, jež sice mívají jen „kosmetický“ účinek, ale jejich léčba může být zdlouhavá (článek na str. 262), dále rostoucí množství infekcí vyžadujících chirurgický zásah a systémové náklady vedoucí až k úmrtí pacienta (blíže na str. 254). Mezi parazity obratlovců vynikají svým destruktivním účinkem na hostitele *Pseudogymnoascus destructans*, *Batrachochytrium dendrobatidis* a *B. salamandrorans*. Zatímco první druh náleží mezi vrčkovýtrusné houby způsobuje masivní úhyny severoamerických netopýrů v jejich zimovištích, další dva zástupci chytridií (Chytridiomycota) jsou zodpovědné za hromadné vymírání tropických a subtropických žab, resp. evropských ocařatých obojživelníků. O těchto druzích tak získáme stejné množství informací v mykologických jako zoologických zdrojích.

### Neparazitické asociace hub a jiných organismů

Mezi nejznámější mutualistické asociace patří bezesporu lišejníky (byť zde je otázka, v kolika případech bude prospěšná pro oba partnery). Méně známé, přitom kuriózně častější (a zcela unikající našemu zraku) jsou endofytní houby, které nacházíme takřka v každém pletivu všech rostlin (cévnatých i bezcévných, viz str. 227). Jejich využití v praktické výuce zůstává omezené, neboť pro jejich důkaz je potřeba houby izolovat z povrchové sterilizovaných částí rostlin, což vyžaduje použití agresivních chemikálií. Podobně i některé mutualistické asociace hub s živočichy nelze demonstrovat v praktické hodině, přesto stojí za zmínku. Jde především o bachorové houby (chytridie z oddělení Neocallimastigomycota), bez nichž by nefungoval složitý proces trávení rostlinné biomasy v bachoru přežvýkavců (viz Živa 2007, 2: 88–89). Uvážíme-li, kolik důležitých potravinářských produktů máme z hovězího dobytka, není pro nás tato symbióza až tak odtažitá téma! Vyslovenou perličkou je pak asociace středo- a jihoamerických mravenců střihačů (*Atta* sp.) s několika druhy pečárkotvarých hub (Agaricales). Představují jeden z mála případů v živočišné říši (dalším jsou některé skupiny rovněž středoamerických druhů termitů), kdy hmyz cíleně pěstuje houbu jako hlavní zdroj potravy. Současně jsou mravenci střihači poměrně atraktivní skupinou pro producenty přírodovědných pořadů, a proto o nich existuje řada populárně naučných videí, která zmiňují (ne-li zobrazují) i mravenčí „houbové zahrádky“.

Úplnou raritou na závěr jsou pak houby predátoři, chytající aktivně půdní háďátka. Opět jde o skupinu poměrně obtížně pozorovatelnou během praktické části, ale na druhou stranu lze na internetu najít plnou verzi vzdělávacího pořadu natoče-

ného v reálném čase a v časosběru v r. 1994 v německém Göttingenu (Nematophagous fungi I a II). Tento dodnes nepřekonatelný soubor videí zachycuje několik druhů hub, které různými mechanismy lapají půdní háďátka, a tím si vylepšují výživu o zdroj dusíku.

### Houby v biotechnologiích

Jestli jsou houby v něčem výjimečné, pak v produkci obrovské diverzity enzymů, které jim umožňují rozkládat nejrůznější sloučeniny přírodního původu, a sekundárních metabolitů, díky nimž komunikují s prostředím a ovlivňují (mikro)organismy v okolí. Těchto dvou vlastností se hojně využívá v biotechnologiích. Ať už jde historicky o výrobu kvašených alkoholických nápojů, kynutého pečiva, sýrů a salámů s ušlechtilou plísní, fermentaci sóji na sójovou omáčku a tempěh, nebo o léčiva (antibiotika, cyklosporin a statin), mikroskopické houby se využívají v lidské civilizaci od pradávna. Mezi nejnovější směry výzkumu patří především hledání léčiv (např. nových typů antibiotik a cytostatik) a využití čistých houbových enzymů pro potravinářské a obecné průmyslové aplikace. Jen málokdo si dnes uvědomuje, kolik výrobních procesů zahrnuje enzymy hub (např. odstraňování sedliny z džusů, laktózy z mléka, úprava krmiva, pečiva a masa, čištění vody, zpracování kůže, papíru a textilu) a kolik produktů je obsahuje (čisticí prostředky). Další méně známé aplikace popisuje článek na str. CXXXI, některé najdeme i na str. 250 a CXXXIII této Živy. Houbám v biotechnologiích se věnuje rovněž nedávno vyšlá publikace, blíže v recenzích na str. CXXXVIII.

Mezi zajímavosti patří i poměrně vzácné, byť někdy klíčové využití hub ve forenzních vědách. Druhá identita nalezených hub na mrtvých obětech, jejich rychlost růstu, nebo specifický substrát, na kterém se v přírodě vyskytují, pomohly usvědčit řadu pachatelů (Hawksworth a Wiltshire 2015).

### Nebezpečí pro člověka

S rozvojem našich znalostí hub a jejich toxinů (blíže na str. CXXXIII) je již v rozvinutých zemích běžná pravidelná kontrola surovin a potravinářských produktů. Nehrozí nám bezprostřední otrava, ani dlouhodobá expozice některým mykotoxinům, nanebevšť pozřeme něco s obsahem mykotoxinů nad povolenou normu. Přesto nám i dnes mohou mikroskopické houby „škodit“. Nejčastěji se to týká znehodnocení potravin (při špatném a příliš dlouhém skladování zplsnívá), růstu mikroskopických hub na zdech a dalších částech bytů, případně v klimatizačních jednotkách (což vede k uvolňování alergenních spor a těkavých sekundárních metabolitů do ovzduší) a znehodnocení archivních nebo sbírkových předmětů z přírodních materiálů (Živa 2002, 4: 153–156). Přehnaná hygiena a stres vede celkově ke snižování odolnosti člověka a čím dál více druhů mikroskopických hub se stává příležitostnými patogeny.

Terminologický slovník najdete na str. CXXXVII kuléru, použitou literaturu a materiály k výuce na webu Živy.

# Má studium mikroskopických hub v českých zemích tradici?

Následující řádky by nám měly ukázat, že kupodivu ano. Nebyl zde jen zájem o velké houby (makromycety), ale díky jedné pozoruhodné postavě české vědy se Čechy zařadily mezi průkopnické země v poznání hub mikroskopických. Podívejme se nejdříve na období růstu zájmu o přírodní vědy v českých zemích, tedy přibližně na polovinu 19. stol. Na prvním místě nutno uvést založení Společnosti vlasteneckého muzea v Čechách pod vedením hraběte Kašpara Marie Sternberga ve 20. letech 19. stol. Tato skutečnost má blízký vztah k rozvoji nových vědních oborů včetně mykologie, zaměřené právě na mikroskopické houby. Dále v r. 1853 zakládá přírodovědec a lékař světové proslulosti prof. Jan Evangelista Purkyně časopis *Živa*, jehož zaměření vyjádřil podtitulem *Časopis přírodnický*, a v r. 1871 Václav F. Kumpošt pak *Vesmír*, časopis pro šíření vědy přírodní, země- a národopisné. Houbám na odborné úrovni, tedy mykologii, se v Praze té doby věnovali především dva přírodovědci. Starší z nich, profesor lékařské fakulty pražské univerzity Vincenc Julius Krombholz se zabýval hlavně makromycety a byl učitelem a do jisté míry i podporovatelem mladšího Augusta Karla Josefa Cordy, kterému ku jeho bádání věnoval první mikroskop.

August Karel Josef Corda (1809–49) byl renesanční osobností širokého vědeckého rozhledu. Věnoval se zejména botanice, paleontologii a mykologii, a to na svou dobu stále ještě novátorským pohledem – pohledem mikroskopickým.

Corda, na rozdíl od badatelů z kruhů šlechtických (např. zmíněného paleontologa hraběte Sternberga) pocházel ze skrovných poměrů, protože oba rodiče po skrovných poměrů, protože oba rodiče po prvním roce jeho života zemřeli a pak byl vychováván u příbuzných a poručníků. Už v době gymnaziálních studií mladý Corda projevoval intenzivní zájem o přírodní vědy a postupem doby se seznámil s V. J. Krombholzem, Bernardem Bolzanem nebo Filipem Maximilianem Opizem (viz *Živa* 1860, 2: 114–119). Výsledkem byly první mikroskopické studie především mykologické, doprovázené na svou dobu přesnými kresbami pozorovaných a popisova-

ných objektů. Tak se z Cordy stal bystrý a pilný sběratel malých až nepatrných a do té doby přehlížených organismů, rychlý a pronikavý pozorovatel a velice dobrý kreslíř toho, co viděl v mikroskopu. Jeho kresby se však ne v všech posuzovatelů setkaly s pochopením. Bylo mu vytýkáno, že obrazy jsou až neskutečně podrobné, překráslené a snad i nedůvěryhodné. Corda totiž viděl víc než jeho kolegové: jeho obrazy byly prostorovější a ornamentálnější, než co jiní pozorují na objektu rozmačkaném a deformovaném krycím sklíčkem. Cordovy nákreby jsou v některých případech ohromující kombinací dvou- rozměrného obrazu z mikroskopu a prostorového pohledu lupou na živý materiál. Sláva jeho práce a kreseb se postupně stala v odborných kruzích známou a respektovanou. Přední německý kryptogamolog Gottlob Ludwig Rabenhorst se osobně pře-



1 August Josef Corda – „čestný doktor lékařství, kustos živočišných sbírek při Českém národním muzeu v Praze, úd mnoha učených společností“ (*Živa* 1854, 6: 175–178). Kresba z archivu J. Mlíkovského, autor neznámý

2 *Helminthosporium stemphylioides*. Dnes platné jméno pro tento druh věckovýtusné houby je *Phragmocephala stemphylioides*. Druh, který A. K. J. Corda původně popsal na mrtvém dřevě tisu, nyní známe i z dalších dřevin. Kresba znázorňuje konidie, tvořící se na konidioforech vyrůstajících na povrchu dřeva. Konidie mají nejtmaší střední dvojici buněk, další buňky jsou světlejší (hyalinní). Orig. A. K. J. Corda, *Prachtflora Europäischer Schimmelbildungen* (1839)

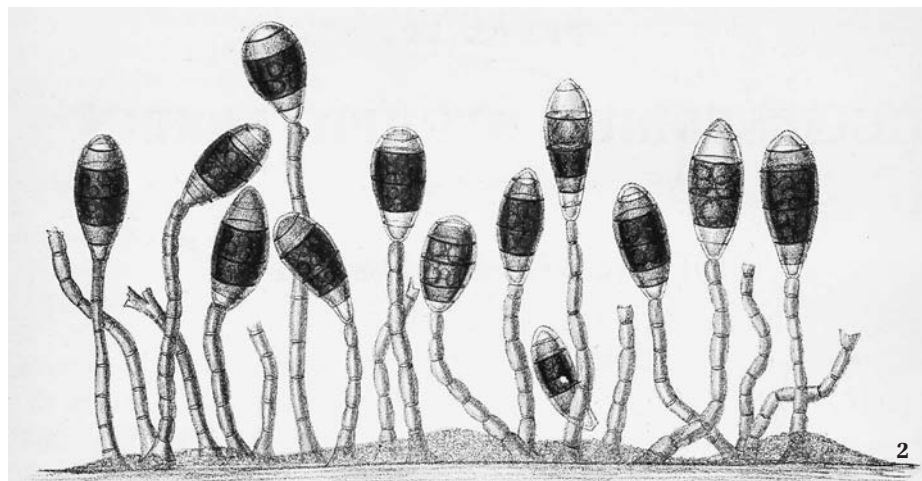
3 Prof. Karel Cejp se svými žáky Zdeňkem Urbanem a Olgou Fassatiovou. Snímek kolem r. 1960

4 Mykologové na exkurzi u Velemína v r. 1956. Zleva Olga Fassatiová a Vladimír Skalický, zprava Zdeněk Pouzar a Zdeněk Urban. Uprostřed stojí učitel a botanik Jan Šimr, který společně s prof. Jaromírem Klikou založili ve Velemíně biologickou stanici. Z archivu autora článku, není-li uvedeno jinak

svědčil o Cordových metodách tak, že jej navštívil a 14 dnů s ním pracoval. Výsledkem bylo potvrzení správnosti Cordových metod i výsledků.

Významnou roli v životě A. K. J. Cordy sehrál právě hrabě Sternberg, který v něm poznal znamenitého pozorovatele a dokumentátora přírodních objektů, tedy vlastnosti důležité pro muzejnictví, a nabídl mu místo kustoda v pražském Národním muzeu. To bylo pro Cordu, který dosud žil velmi skromně a bez stálého zaměstnání, vítaným posunem.

Kromě řady prací botanických a paleontologických je Corda autorem asi 15 studií zaměřených převážně na houby mikroskopické. Dvě jeho největší mykologická díla – šestisvazkové *Icones fungorum hucusque cognitorum* (1834–54) a *Prachtflora Europäischer Schimmelbildungen* (1839) vznikla na půdě Národního muzea a typový materiál, podle něhož Corda po-



psal velký počet nových druhů hub, je jedním z nejcennějších a nejvzácnějších fondů mykologického oddělení muzea.

Konec Cordova života byl bohužel tragický. V r. 1849 se jako zkušený přírodovědec zúčastnil expedice na severoamerický kontinent. Zde sbíral rozsáhlý materiál pro sbírky muzea a část těchto sběrů stačil ještě před návratem odeslat do Evropy. Při vlastním návratu v srpnu 1849 však loď zmizela snad již ve vodách Mexického zálivu a s ní i právě 40letý oceňovaný pražský přírodovědec, člen mnoha evropských učených společností. Nejenom pražské muzeum, ale celá Evropa tak ztratila badatele, který se jako první systematicky zabýval mikroskopickými houbami a dovedl je zdokumentovat tak, že celý odborný svět jeho dílo dodnes uznává a obdivuje. Na počest Cordy byly též pojmenovány dva rody mikromycetů: *Cordana* (houby vřecovýtrusné – Ascomycota) a *Cordalia*, dnes synonymum rodu *Tuberculina* (houby stopkovýtrusné – Basidiomycota) a přibližně dvě desítky druhů hub. Ztrátu takové osobnosti pro rozvíjející se vědecký svět zaznamenal i v té době nový časopis Živa, který v druhém ročníku z r. 1854 v seriálu Nástiny životopisů českých přírodoskumců přinesl rozsáhlé zhodnocení jeho života a práce z pera Viléma Rudolfa Weitenwebra.

### Po odchodu A. K. J. Cordy

Corda bohužel nestihl vychovat a neměl přímého pokračovatele, v českých zemích tak následovalo období útlumu zájmu o mikroskopické houby. Významnějším profesionálním přírodovědcem, který se na našem území věnoval i této skupině mikroorganismů, byl profesor na brněnském Technickém učilišti Gustav von Niessl (1839–1919). Studoval především houby vřecovýtrusné a jejich nepohlavní anamorfy. Bohužel jeho práce se vyznačují nedokonalými perokresbami, což je při stručných latinských popisech nových druhů velmi nešťastné.



Na konci 19. stol. dochází k osamostatnění nové vědecké disciplíny – fytopatologie. Ta pokrývá mnoho typů patogenních organismů včetně hub, a to především hub mikroskopických. Zakladatelem české fytopatologie byl světově proslulý mykolog a vysokoškolský učitel fytopatologie na České škole technické v Praze František Bubák (1866–1925), který studoval mikroskopické houby parazitující na živém hostiteli (biotrofní parazity), zejména rzi a sněti, ale i fytopatogenní anamorfy hub vřecovýtrusných. F. Bubák je autorem dvou monografií: Houby české – 1. díl Rezy (1906), 2. díl Sněti (1912). Spolu s Josefem Emanuelem Kabátem vydával významnou exsikatovou sbírku mikroskopických hub Fungi imperfecti exsiccati. Příkladem podobných aplikovaných prací zaměřených na tyto houby může být studie brněnského fytopatologa Richarda Pichauera (1886–1955) s názvem Zeměpisné rozšíření

rzi na Moravě se zřetelem k poměrům evropským (1927).

### Škola profesora Cejpa

K obnově zájmu o studium mikroskopických hub v období po druhé světové válce výrazně přispěl vysokoškolský profesor mykologie na Univerzitě Karlově Karel Cejp (1900–79). Na katedře botaniky Přírodovědecké fakulty působil více než 40 let jako vědecký i pedagogický pracovník. Věnoval se především vodním mikroskopickým houbám ze skupin Peronosporomycota (dříve Oomycetes) a Chytridiomycota. Zájem o první z uvedených skupin vyvrcholil zpracováním evropských druhů v monografii Oomycetes I (1959). Kromě „vodních plísňí“ (jak se v jeho době tyto organismy souhrnně nazývaly) studoval i mnoho rodů především mikroskopických parazitických anamorfních hub vřecovýtrusných. Stejně důležitá jako vědecká práce byla i jeho činnost pedagogická. Prof. Cejp se stal vedoucí autoritou v mykologii u nás, vybudoval mykologické pracoviště na univerzitě a založil vlastní vědeckou školu. Pod jeho vedením vyrostla řada vědecko-výzkumných pracovníků, kteří postupně získávali místa jak v teoretickém výzkumu, tak v aplikovaných oborech mykologického zaměření. S jeho pedagogickým úsilím souvisí i sepsání dvoudílné učebnice mykologie Houby I a II (1957 a 1958), která svým objemem informací v kritické poválečné době byla jediným a dlouho nepřekonaným zdrojem aktuálních poznatků o této skupině organismů a přispěla rozhodující měrou k již uvedenému zájmu studentů o mykologii.

### Žáci profesora Cejpa

Na závěr stručně procházky historií studia mikromycetů v našich zemích uvedme alespoň pět jmen vědeckých pracovníků, kteří byli původně Cejpových žáky a po celý život se věnovali studiu mikroskopických hub na vysoké vědecké úrovni.

● RNDr. Věra Holubová-Jechová, CSc. (1936–93), pracovala přes 30 let jako mykoložka v Botanickém ústavu Československé akademie věd. V r. 1969 obhájila dizertační práci na téma Studie o dřevních saprofytických hyfomycetech, a těmto houbám vřecovýtrusným pak zůstala celý život věrná. Předmětem jejího zájmu byly především anamorfy s tmavými buněčnými stěnami, označované souhrnným názvem čeled *Dematiaceae*. Ve své práci kladla důraz na dvě důležité a v té době poměrně nové metody studia. Velkou pozornost věnovala konidiogenezi, tedy způsobu tvorby nepohlavních rozmnožovacích spor (konidií). Druhým moderním trendem, který do své práce postupně zavedla, bylo hledání fylogenetických souvislostí mezi teleomorfními a anamorfními stadii vřecovýtrusných hub. Spolupracovala s řadou světových odborníků, významná byla její spolupráce s nizozemským mykologickým ústavem Centraalbureau voor Schimmelcultures (CBS). V desítkách publikací popsala mimo jiné 10 nových rodů, dva podrody a kolem 120 nových druhů. Na její počest byly pojmenovány tři nové rody jmény *Holubovea*, *Holubovaniella* a *Veramyces*. V r. 1992 se stala čestnou členkou Americké mykologické společnosti.



● Doc. RNDr. Vladimír Skalický, CSc. (1930–93), byl vynikajícím českým terénním botanikem a mykologem. Oba tyto obory dovedl skvěle propojit svým zájmem o parazitické mikroskopické houby, především vřetenatky, padlí, ale také o další skupiny parazitických hub, k jejichž určení a studiu je potřeba bezpečně znát i hostitelskou rostlinu. Studium na Přírodovědecké fakultě u prof. Cejpa zakončil diplomovou prací na téma Příspěvek k monografii čsl. druhů čeledi *Peronosporaceae* excl. rod *Peronospora* Corda se zřetelem k jejich hospodářské důležitosti. Poté nastoupil jako asistent na kryptogamologickém oddělení katedry botaniky, kde se přes 30 let věnoval jak taxonomii a ochraně cévnatých rostlin, tak studiu taxonomie, ekologie a fytopatologického významu zástupců čeledi vřetenatkovitých (*Peronosporaceae*). Podílel se na výchově mnoha studentů – budoucích odborníků nejen jako primý vedoucí jejich prací, ale

též jako konzultant botanických, fytopatologických, ekologických, ochrannářských nebo bibliografických problémů širokého spektra zájemců z mnoha vysokých škol nebo akademických ústavů.

● Prof. RNDr. Zdeněk Urban, DrSc. (1923–2000), se po celou svou odbornou kariéru na PřF UK věnoval mikroskopickým houbám a své studenty vedl k zájmu právě o tuto oblast vědecké mykologie. Již v r. 1954 se stal asistentem u prof. Cejpa a jeho dizertace pojednávala o taxonomii vřecovýtrusných hub řádu Diaporthales. V další části života studoval zejména fytopatologicky významné skupiny – rzi (Uredinales) a sněti (Ustilaginales) – a specializoval se především na taxonomii a biologii travních (graminikolních) rzí. Byl autorem mnoha prací analytických i syntetických, jejichž příkladem může být obsáhlá monografie travních rzí nebo Catalogue of rust fungi of the Czech and Slovak Republics, vydaný až 9 let po jeho smrti.

● RNDr. Mirko Svrček, CSc. (1925–2017), je příkladem vědeckého pracovníka, který se celý život profesně věnoval mikroskopickým houbám, především terčoploďným (vřecovýtrusné houby s plodnicí typu apotecium). Po dokončení vysokých školních studií (opět žák K. Cejpa) nastoupil jako vědecký pracovník do Mykologického oddělení Národního muzea, kde působil do pozdního věku, dokud mu to zdravotní stav dovolil. Prováděl nejen revize rodů a druhů mikroskopických hub, ale popsal i mnoho nových druhů, byl autorem určovacích klíčů a článků popularizujících mykologii.

● Doc. RNDr. Olga Fassatiová, CSc. (1924–2011), další významná žačka prof. Cejpa – jejímu vědeckému životu a práci věnujeme následující příspěvek.

Použitou literaturu najdete na webové stránce Živy.

Alena Kubátová

## Vzpomínka na Olgu Fassatiovou (1924–2011)

Studium mikroskopických vláknitých hub v druhé polovině 20. stol. u nás velmi silně ovlivnilo několik žen: Olga Fassatiová, Věra Holubová-Jechová, Ludmila Marvanová, Vlasta Čatská a Marie Váňová. V tomto článku bych chtěla připomenout doc. RNDr. Olgu Fassatiovou, CSc., jako zakladatelku Sbírků kultur hub (CCF), o níž se píše na jiném místě tohoto čísla Živy (str. CXXV a 231).

Olga Fassatiová se po válce ještě s dalšími pracovníky pod vedením prof. Karla Cejpa (viz předchozí článek) podílela na budování mykologického oddělení tehdejšího Botanického ústavu a později katedry nižších rostlin Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze. Zpočátku se specializovala na entomofágní, fungikolní a půdní hyfomycety. Právě izoláty z těchto studií spolu s převzatou sbírkou dřívějšího Biologického ústavu ČSAV daly základ výše zmíněné Sbírci kultur hub (CCF), která byla r. 1965 přijata do Československé sbírky mikroorganismů (později Federace československých sbírek mikroorganismů, FCCM). Fotografie z této doby je zařazena u článku K. Prášila na str. CXXVIII.

Nejsilnější vzpomínky na paní docentku mám spojené s energií a vitalitou, které provázely veškerou její činnost a velmi kontrastovaly s její subtilní postavou. Se svou téměř nevyčerpatelnou energií bojovala za podporu Sbírků kultur hub na různých frontách, především na ministerstvu školství a v České komisi pro vědecký a investiční rozvoj. Pro Sbíрку také během let získala nové místo laborantky i vědeckého pracovníka, zavedla zde metodu lyofilizace (mrazového sušení – bliže v článku na str. CXXXV).

Organizační schopnosti uplatnila také ve Federaci československých sbírek mikroorganismů, když byla r. 1987 zvolena

její vedoucí. Navázala spolupráci se Státní komisí pro životní prostředí a získala jednorázovou dotaci pro činnost sbírek. Po sametové revoluci v r. 1989 byla zřízena i Nadace FCCM. Hlavním cílem bylo vytvořit ochranný „deštník“ nad sbírkami, ideálně zákon na ochranu sbírek mikroorganismů. Významný byl také záměr vytvořit společnou databázi českých a slovenských sbírek kultur mikroorganismů, jak je to běžné ve světě. Bohužel na začátku nového tisíciletí tato činnost postupně uhasla.

Entuziasmus Olgy Fassatiové se velmi dobře uplatnil i při vedení studentů, dokázala je nadchnout, případně přimět k výkonům, které by člověk ani nečekal.



Orientovala se v rozmanitých mykologických tématech a vyškolila tak početnou řadu studentů, z nichž někteří se stali jejími nástupci (např. Alena Nováková, Milan Gryndler). Osobně jsem se s ní setkala v r. 1980. Právě ona mi odhalila fantastický svět mikroskopických hub a později byla vždy připravena poradit a nasměrovat k další práci.

Odborné znalosti dovedla předávat nejen studentům, ale i pracovníkům v hygienické, potravinářské a lékařské sféře, a to školením v rámci Mykologických kurzů. Probíhaly v letech 1971–2004 a pracovníci z praxe je velice vítali a oceňovali. Od konce 80. let jsem se těchto kurzů jako praktikantka účastnila a získávala tak první pedagogické zkušenosti, ale i cenné kontakty s odborníky z různých praktických oborů, kde se mykologie uplatňuje.

Olga Fassatiová je autorkou nebo spoluautorkou více než 60 původních vědeckých prací v oblasti taxonomie a ekologie mikroskopických hub (viz Čatská 1985 a Kubátová 2004). Popsala několik nových druhů hub (např. *Sagenomella bohémica*, dnes *Talaromyces bohemicus*), zabývala se podrobně rody *Humicola* nebo štětičkovec – *Penicillium*. Své odborné zkušenosti shrnula do příručky o mikromycotech Plísně a vláknité houby v technické mikrobiologii (1979), kterou po dlouhá léta používali pracovníci v praxi, mykologové i studenti a byla přeložena do angličtiny, polštiny a maďarštiny. Habilitační práci (jako bohatý soubor svých odborných prací) obhájila až r. 1992, kdy byla již v důchodu.

Její vstřícný přístup ke studentům, milá povaha a osobní skromnost nám bude stále příkladem.

Seznam použité literatury najdete na webové stránce Živy.

1 Olga Fassatiová na katedře botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v r. 2004, kdy oslavila 80. narozeniny. Foto A. Kubátová



## Zajímavosti ze Sbírký kultur hub (CCF) v Praze

Na katedře botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, v areálu zdejší Botanické zahrady UK, sídlí již přes 50 let nenápadná sbírka živých kultur hub s názvem Sbírký kultur hub (Culture Collection of Fungi, CCF). Nejde však o laboratoř s baňkami plnými hříbků nebo křemenáčů, jak by si někdo mohl představovat. Je zaměřená na mikroskopické kultivovatelné druhy, tedy saprotrofní, případně příležitostně patogenní houby. Zaměření sbírky bylo víceméně předurčeno specializací její zakladatelky Olgy Fassatiové na saprotrofní vláknité mikroskopické houby – podrobnější údaje o významu sbírek živých kultur mikroorganismů a jejich historii se můžete dočíst v článku O. Fassatiové v *Živě* (1998, 5: LXVI–LXVII).

Sbírký obsahuje hlavně houby vřecovýtrusné (Ascomycota), spájkivé (Mucoromycota) a pouze výjimečně houby stopkovýtrusné (Basidiomycota) nebo houbám podobné organismy (Peronosporomycota). V současné době uchovává přes 4 000 kmenů hub. Za posledních 20 let se objem více než zdvojnásobil (v r. 1997 uchovávala kolem 1 800 kultur). Nyní je největší sbírký saprotrofních vláknitých mikromycetů u nás. Více než polovina těchto kultur pochází přímo z území České republiky. Velmi cennou částí sbírky jsou typové kultury, tedy izoláty, které sloužily pro popis nových druhů. Uchovávají se jako důležitý vědecký doklad a srovnávací materiál pro jiné studie. V tab. 1 jsou uvedeny doplňující informace o Sbírci kultur hub a některé ilustrační fotografie zde zmiňovaných zajímavých druhů najdete na str. 231–232 tohoto čísla.

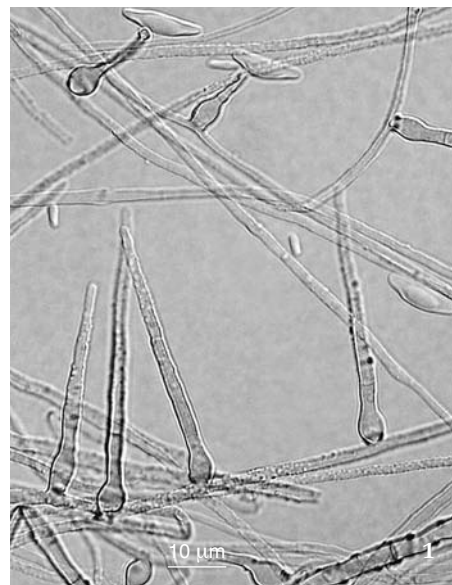
### Metody uchovávání hub v CCF

Dramatické změny v množství hub, ale i v jejich druhovém spektru si vyžádaly zavedení různých metod uchovávání. Zatímco v počátcích existence sbírky se hou-

bové kmeny uchovávaly pouze na agarových živných médiích ve zkumavkách v chladničce, případně ve zkumavkách pod minerálním olejem, od konce 80. let byla zavedena účinnější metoda dlouhodobé konzervace, a to lyofilizace (sušení mrazem). Od r. 2010 jsou některé houby uchovávány také v alginátových peletách a od r. 2016 je v omezeném rozsahu využíváno i zmrazení při  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  či kryoprezervace v tekutém dusíku při teplotě  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tyto metody se v CCF používají hlavně pro typové kultury. Podrobnější údaje o metodách konzervace mikromycetů se dozvíte v článku na str. CXXXV.

### Zajímavé izoláty

Sbírký CCF během své půlstoleté existence shromáždila mikroskopické houby z různých substrátů (obr. 2). Nejvíce jich pochází z půdy, která je základním životním prostředím velkého množství mikromycetů a také bankou, v níž odpočívají jejich spory. Další početnou skupinou, o kterou se CCF rozšířila až v posledních letech, jsou klinicky významné houby. Patří mezi ně zvláště dermatofyty způsobující onemocnění kůže, nehtů a vlasů, ale i původci mykóz vnitřních orgánů člověka. Významnou skupinu představují mikromycety způsobující kažení (degradaci) potravin a krmiv a všeobecně mikroskopické houby, které se vyskytují v prostředí budov (indoor fungi). Mnohdy jsou navíc schopné do napadeného substrátu produkovat různé mykotoxiny, což v případě potravin samozřejmě není vítané (blíže v článku na str. CXXXIII). Početnou skupinou jsou entomopatogenní houby, houby v asociaci s brouky a dřevinami, houby endofytní nebo rozkládající rostlinný opad. V souvislosti s posledními výzkumnými projekty se rozšířila i sbírka chladnomilných hub žijících v podzemních prostorech či druhů přizpůsobených extrémním



**1** Houba *Esteya vermicola* (CCF 3115, číslo označuje tento konkrétní izolát ve sbírce) tvoří dva typy konidioforů a konidií. Větší konidie měsíčkovitěho (lunátního) tvaru slouží k infekci háďátek. Zvětšení 1 000×

podmínkám kyselých a zasolených půd. Ve všech těchto skupinách najdeme řadu pozoruhodných druhů, které žijí skrytě v naší přírodě. Několik si jich představíme v následujícím textu.

Zajímavé bylo např. studium vztahů mikroskopických hub a lýkožravého brouka bělokaza dubového (*Scolytus intricatus*), který napadá naše duby. Zjistili jsme, že bělokaz na svém těle přenáší řadu hub. Byla mezi nimi i neznámá houba s charakteristickými měsíčkovitými (lunátními) konidii (obr. 1). Teprve v době našeho studia ji popsali vědci z Tchaj-wanu pod názvem *Esteya vermicola*. Zjistili, že je nematofágní, napadá nebezpečná háďátka borová (*Bursaphelenchus xylophilus*), která na Tchaj-wanu způsobovala vadnutí větví borovic a jejich odumírání. U nás ve středních Čechách jsme na dubech našli jiné háďátko (*B. eremus*), které využívá bělokaza k pasivnímu šíření (forezi). A v propleteném systému dub – bělokaz – foretické háďátko – *Esteya* našla tedy své místo k životu i zmíněná houba. Její měsíčkovité konidie přilnou k povrchu háďátka, proniknou jeho kutikulou a houba prorůstá tělem. Podle J. Y. Liou a kol. (1999) je schopna usmrtit háďátko během 8–10 dní. Protože ji lze poměrně dobře kultivovat, má i vysoký biotechnologický potenciál. Pokud jde o její systematické zařazení, překvapením bylo později zjištění, že patří do řádu Ophiostomatales (houby vřecovýtrusné), tedy do blízkosti jiných známých obyvatel dřevin.

Velmi často jsme se při studiu mikroskopických hub šířených na těle bělokazů setkali s vřecovýtrusnými houbami rodu *Geosmithia* (pojmenovanými na počest britského mykologa George Smitha), a tak jsou nyní ve Sbírci kultur hub hojně zastoupeny (viz článek na str. 201). Většina z nich tvoří na dřevě (často v chodbičkách lýkožravých brouků) porosty konidioforů, které svým větvením připomínají štětíčkovec (*Penicillium*, obr. 1 na str. 231).

**Tab. 1** Několik souhrnných údajů i kuriozit ze Sbírký kultur hub (CCF)

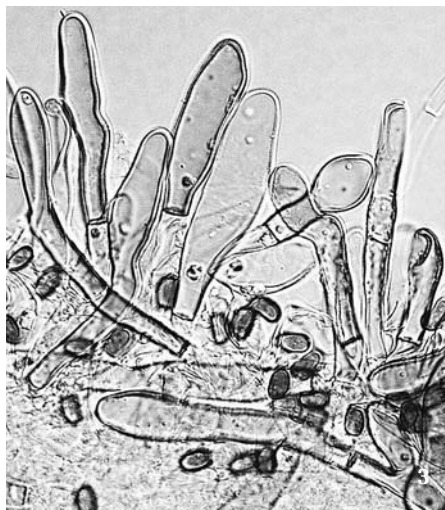
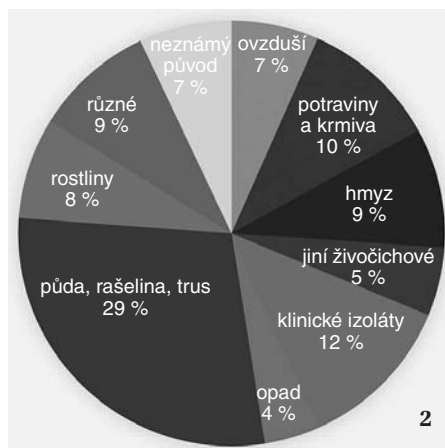
<b>Nejpočetnější rody</b>	<i>Aspergillus</i> (1 087 izolátů) <i>Penicillium</i> (636 izolátů) <i>Geosmithia</i> (287 izolátů)
<b>Nejpočetnější druhy</b>	<i>Pseudogymnoascus destructans</i> (73 izolátů) – chladnomilná houba, patogen zimujících netopýrů <i>Aspergillus flavus</i> (60 izolátů) – toxinogenní houba, vyskytuje se v potravinách a krmivech <i>Microsporum persicolor</i> (39 izolátů) – dermatofyt, způsobuje onemocnění pokožky
<b>Nejčastější substrát</b>	Půda a podobné substráty (rašelina, exkrementy) – základní prostředí pro aktivní život hub i přečkávání nepříznivých období
<b>Typové kultury</b>	380 typových kultur, především druhy rodu <i>Penicillium</i> (163) a <i>Aspergillus</i> (101)
<b>Nejstarší houby</b> (izolované r. 1904 a drženy v zajetí zkumavek 113 let)	<i>Aspergillus penicillioides</i> CCF 5496 – původce kožních onemocnění, Brazílie <i>Penicillium commune</i> CCF 2061 – izolované ze sýru, USA <i>Penicillium camemberti</i> CCF 2254 – rovněž ze sýru, USA
<b>Cestovatel</b>	<i>Penicillium citrinum</i> CCF 2024 – při studiu různými badateli a při stěhování sbírek cestoval v letech 1920–86 z USA do Prahy (Sbírký prof. F. Krále), Belgie, zpět do USA, z Prahy do Vídně, Anglie, Holandska, Španělska a zpět do Prahy (CCF)

Proto byly také první nalezené druhy řazené do tohoto rodu (řád plesnivkotvaré – Eurotiales). Avšak fylogenetické studium naše představy zcela změnilo; *Geosmithia* patří poněkud překvapivě do řádu masenkovitvaré (Hypocreales) společně např. se známým rodem *Fusarium*. Na rozdíl od zelených štětičkovců druhy rodu *Geosmithia* tvoří bělavé či nažloutlé porosty, ale zvláště ve Středozeří najdeme i červeno-fialově zbarvené druhy (obr. 2 na str. 231). Jejich úloha není ještě zcela objasněna, ale byly mezi nimi již nalezeny druhy patřící mezi ambróziové houby (Živa 2004, 2: 73–75) a naopak i druh patogenní pro ořešáky (*G. morbida*). Zajímavé jsou metabolity těchto hub – některé izoláty mohou produkovat antibiotika působící proti trypanozomám rodu *Leishmania*, různé antimikrobiální metabolity nebo ceratoulmin (působící jako významný faktor při chřadnutí dřevin) podobně jako houby řádu Ophiostomatales.

Během studia diverzity endofytních hub jilmů jsme izolovali tmavou nenápadnou, pomalu rostoucí houbu. Při náhodné kontaminaci rychle rostoucí ohnivkou domácí (*Pyronema domesticum*) však u ní byly pozorovány silné antifungální schopnosti (tedy podobná situace, jako když Alexander Fleming na svých Petriho miskách pozoroval *Penicillium* potlačující růst stafylokoků). Naše houba netvořila žádné spory, bylo jí tedy možné identifikovat pouze pomocí molekulárních metod. Šlo o málo známý rod *Biatrispora* (vřeckovýtusné, třída Dothideomycetes) nalezený dosud hlavně v prostředí mangrovů. Naš izolát se však neshodoval se žádným dosud známým druhem, byl tedy popsán jako nový druh *B. antibiotica* (obr. 3 na str. 231) a stal se typovou kulturou. Biochemici Mikrobiologického ústavu AV ČR u této houby odhalili tak široké spektrum sekundárních metabolitů, že je možno řadit ji mezi produkční rekordmany. Šlo o naftochinony (ascomycon A a B, 6-deoxyfusarubin, 6-deoxyanhydrofusarubin, herbarin, balticol A, 6-deoxybostrycoidin, pleorubrin A, B, C, D) s výraznou biologickou aktivitou, takže houba má velký biotechnologický potenciál.

Mezi endofyty našich listnatých dřevin jsme také objevili houbu s pyknidami (obsahují konidiofory s nepohlavně vzniklými konidii), které v době zralosti nepravidelně praskaly. Nazvali jsme ji pracovním rozpukelem (obr. 4 a 5 na str. 232). Výsledky analýz molekulárních dat prokázaly, že jde o neznámý rod, který jsme popsali jako *Liberomyces* se dvěma novými druhy (Pažoutová a kol. 2012). Ukázalo se, že rod má blízké vztahy k řádu masenkovitvaré (vřeckovýtusné, třída Sordariomycetes), kam patří i mnohé další endofytní houby. Jakou konkrétní úlohu plní tato houba uvnitř stromu, jako je vrba, dub, olše a jilm, však zatím nevíme.

Zcela náhodný byl nález na housenkách obalece jablčného (*Cydia pomonella*), které byly napadeny bílou entomopatogenní vřeckovýtusnou houbou *Lecanicillium muscarium*. Na Petriho misce však vyrostla ještě jedna bíle zbarvená houba. Mikroskopické struktury (obr. 7 na str. 232) odpovídaly rodu *Filobasidiella*, dnes *Cryptococcus*. Naštěstí to nebyl *C. neoformans*,



**2** Původ izolátů v pražské Sběrce kultur hub (CCF). Orig. A. Kubátová  
**3 a 4** Hnojník domácí (*Coprinellus domesticus*). Lupeny naspodu klobouku nesou kromě bazidií s hnědými bazidiosporami také kyjovité cystidy (obr. 3). Zvětšení 1 000×. Druh je schopen vytvořit plodnice i na agarovém médiu (obr. 4, CCF 3733). Snímky A. Kubátové

známý patogen člověka (způsobuje kryptokokovou meningitidu), ale příbuzný druh *C. depauperatus*. I když se tato houba vyskytovala na housence, není entomopatogenní, ale je hyperparazitem houby *L. muscarium*; jde o fungikolní druh. Ze systematického hlediska je rovněž zajímavá – patří mezi stopkovýtusné houby řádu rosolovkotvaré (Tremellales). Takových případů, kdy bazidiomycet parazituje na askomycetu, není mnoho. V našich podmínkách se setkáme spíše s opačným jevem, kdy vřeckovýtusná houba parazituje na plodnicích stopkovýtusných hub,

příkladem může být známý nedohub zlatovýtusný (*Sepedonium chrysospermum*) napadající různé hříby.

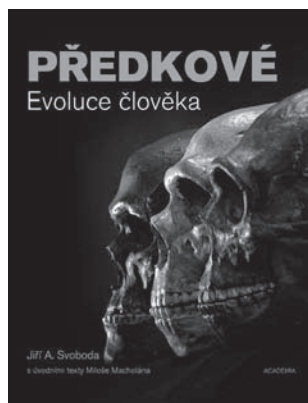
Ve Sběrce kultur hub (CCF) je uchováno v současné době také velké množství klinicky významných druhů získaných z povrchu pokožky, ale i z vnitřních orgánů člověka. Jde o oportunní (příležitostné) patogeny schopné růst při 37 °C a využívat oslabení svého hostitele. Do této skupiny kupodivu patří i hnojník domácí (*Coprinellus domesticus*, viz obr. 6 na str. 232), v přírodě běžný na pařezech nebo ležícím dřevě. Je však schopen růstu i při 37 °C a může se stát zákeřným patogenem člověka. Patří k menší části stopkovýtusných hub, které rostou na agarovém médiu a dokonce na něm vytvářejí i kloboukaté plodnice. Naš izolát (obr. 3 a 4) pochází z bronchoalveolární laváže (výplachu průdušek a plicních sklípků) čtyřleté pacientky s leukémií, u které způsobil plicní infekci (mykotickou pneumonií). Naštěstí k podobným případům infekce dochází jen zřídka.

Oportunním patogenem člověka je také vřeckovýtusná houba *Talaromyces marneffeii* (dříve *Penicillium marneffeii*). Tento vnitrobuněčný parazit napadá makrofyty v krvi a je tedy opět schopen růst při teplotě lidského těla. K rozvoji onemocnění může dojít pouhým vdechnutím spor, ale pouze u lidí se sníženou imunitou, kteří trpí dalším závažným onemocněním. Pokud pak neproběhne odpovídající léčba (např. antimykotikem flukonazolem), může končit i smrtí. Tento exotický druh byl u nás naštěstí zaznamenán pouze jednou, a to u pacienta s AIDS pocházejícího z Asie. Houba je rozšířená právě v jihovýchodní Asii, kde žije ve vnitřních orgánech místních volně žijících kryš (v plicích, játrech, slezině apod.), aniž by jim však způsobovala nějaké onemocnění. Při kultivaci krevního vzorku při 25 °C na agaru na sebe tato houba upozorní tvorbou nápadného červeného pigmentu (obr. 8–10 na str. 232). Na rozdíl od předchozího případu je napadení *T. marneffeii* častější, zvláště u pacientů s HIV nebo již AIDS. Patří do nebezpečnější rizikové skupiny, a to BSL-3 (BSL – biosafety level) jako např. i původce tuberkulózy *Mycobacterium tuberculosis*.

Kromě běžných dermatofytů, jimiž trpí naše populace, jako např. *Trichophyton rubrum* nebo *T. benhamiae*, je ve Sběrce kultur hub uchovávána příbuzná houba, kterou teprve nedávno popsali naši mykologové, a to *Auxarthron ostraviense* (vřeckovýtusné, řád kazirohotvaré – Onygenales). Ve sbírce je tedy jako doklad uchovávána typová kultura tohoto organismu. Houba vyvolala u muže trpícího zároveň lupénkou (psoriázou) onemocnění nehtů na obou rukách. Jde o poměrně pomalu rostoucí houbu, jejíž teplotní maximum pro růst je 32 °C (na rozdíl od výše uvedených druhů). Její mikromorfologické znaky jsou charakteristické – tvoří oranžové plodnice obsahující vřečka s askosporami (obr. 11 a 12 na str. 232). Je citlivá na antimykotika terbinafin a klotrimazol.

Podobných zajímavých druhů obsahuje Sběrka kultur hub celou řadu a mnohé stále čekají na odhalení svých skrytých schopností a vztahů s jinými organismy.

Použitá literatura na webu Živy.



**Předkové. Evoluce člověka (2. vydání)**

Jiří A. Svoboda

Edice Mimo – přírodní vědy  
V čem je vývoj člověka jedinečný? Cílem této knihy je utřídit dosažené poznatky o lidské evoluci k datu druhého desetiletí 21. stol. Dále také rozšířit antropologický pohled na vývoj člověka integrací dalších vědních disciplín, proto jsou před paleoantropologický text předloženy úvodní kapitoly koncipované z hlediska evoluční biologie, jejichž autorem je Miloš Macholán. Text doprovází originál-

ní kresby Pavla Dvorského a fotografie Martina Frouze, autora knihy a dalších paleoantropologů.

480 str. – vázaná – doporučená cena 650 Kč



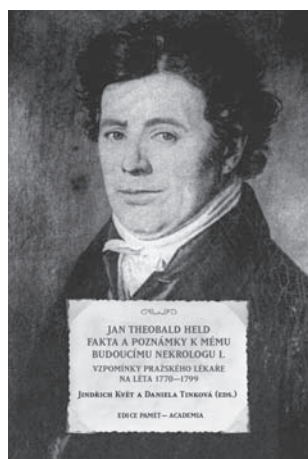
**Obrana liberálního vzdělání**

Fareed Zakaria

Edice 21. století

Politici, nejen ve Spojených státech a na Západě, projevují v posledních letech obavy, že mnoho mladých lidí studuje obory, které jsou, stručně řečeno, nepraktické. Důsledkem je spor o podobu vysokoškolského vzdělání – zda má směřovat k hluboké, ale úzké odbornosti, která je okamžitě využitelná, nebo zda je cílem vychovávat tvořivé jedince, kteří jsou schopni reagovat na měnící se výzvy současného i budoucího světa. Přeložil Jaroslav Veis.

128 str. – brožovaná – doporučená cena 195 Kč



**Jan Theobald Held.**

**Fakta a poznámky k mému budoucímu nekrologu I.**

Jindřich Květ

a Daniela Tinková (eds.)

Edice Paměť

J. T. Held (1770–1851) byl výraznou postavou počátků novodobé medicíny u nás, jedním z předních reprezentantů pražské univerzity, hudebním skladatelem i hudebníkem. Mužem se zajímavým životním příběhem. Vzešel z chudých poměrů, vypracoval se na rektora Karlo-Ferdinandovy univerzity, přitom jako ředitel nemocnice milosrdných bratří vynakládal mnoho sil na pomoc potřebným.

652 str. – vázaná – doporučená cena 595 Kč



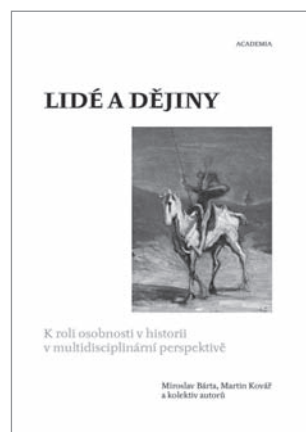
**Hnízda pěvců České republiky**

Jiří Formánek

Edice Atlasy

V posledních letech došlo k velkým změnám v naší krajině, stinnou stránkou současné doby je i značná neznalost ptáků u široké veřejnosti, v kontrastu s množstvím mladých lidí a studentů, zajímajících se o ornitologii. Zpěvní ptáci žijící v naší zemi si plně zaslouží pozornost, zvláště pak jejich hnízda, která bývají často nemalým uměleckým dílem. Cílem tohoto atlasu ptačích hnízd je vzbudit zájem o naše pěvce nejen u mladé generace, ale u všech, kteří rádi chodí do přírody.

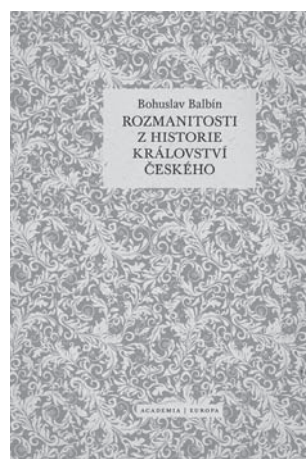
208 str. – vázaná – doporučená cena 285 Kč



**Lidé a dějiny. K roli osobnosti v historii v multidisciplinární perspektivě**

Miroslav Bárta, Martin Kovář a kolektiv autorů  
Edice Mimo – humanitní vědy  
Tato monografie poukazuje na roli jedince v rámci dějin, jakou úlohu může sehrát osobnost v historickém vývoji. Dominuje přístup vycházející ze spolupráce společenských, technických a přírodních věd v kombinaci s mikro- a makrohistorickým ontologickým přístupem. Ukazuje mnohotvárnost historických procesů a jejich relevanci pro současný svět.

856 str. – vázaná – doporučená cena 850 Kč



**Rozmanitost z historie**

**Království českého**

Bohuslav Balbín

Edice Europa

Jak se díval barokní učenec na přírodu, jak se liší Čechy na počátku baroka od těch dnešních a obtojí tehdejší přírodovědné poznatky ve světle moderní vědy? První kniha Rozmanitostí vychází poprvé s původním latinským textem, překladem a odborným komentářem. Jezuita Balbín (1621–88), známý spíše jako dějepisec a obhájce českého jazyka, čerpal i z dobového vyprávění a často z vlastních pozorování. Přeložil Jiří A. Čepelák, připravil Stanislav Komárek.

614 str. – vázaná – doporučená cena 895 Kč

Objednávky přijímá:

Expedice ACADEMIA

Rozvojová 135, 160 00 Praha 6 – Lysolaje

tel. 221 403 857; fax 296 780 510

e-mail: expedice@academia.cz

Knihkupectví Academia

Václavské nám. 34, Praha 1, tel. 221 403 840–842

Národní tř. 7, Praha 1, tel. 221 403 856

Na Florenci 3, Praha 1, tel. 221 403 858

nám. Svobody 13, Brno, tel. 542 217 954–956

Zámecká 2, Ostrava 1, tel. 596 114 580

## Mikroskop pod drobnohledem

Tematické číslo zaměřené na mikroskopické vláknité houby by jen těžko mohlo přinést tolik zajímavých příspěvků a fotografií, kdyby neexistoval mikroskop. První moderní optické mikroskopy byly sestaveny koncem 16. stol., zařízení použitelná pro vědecké účely sestavil v r. 1676 holandský obchodník textilem a nadšený amatérský přírodovědec Antoni van Leeuwenhoek. Přestože popisy jeho pozorování jsou často neobratné a naivní, představují vrchol zkoumání v 17. stol. Sledování cesty k nejmodernějším přístrojům umožňujícím mnohonásobně větší rozlišení než ty prapůvodní přenechám jiným odborníkům, v této rubrice se podíváme, co je na mikroskopech zajímavého z jazykového hlediska.

Ve výkladových slovnících češtiny najdeme pro přístroj poskytující zvětšený obraz velmi malých předmětů neboli optický zvětšovací přístroj (jak znějí slovníkové definice) vedle označení mikroskop synonymní výraz drobnohled. Obě slova zachycuje už Jungmannův Slovník česko-německý (díl I, Praha 1835), v němž je u hesla drobnohled vedle vysvětlení „nástroj, jimž drobné a blízké věci spatřiti se mohou“ uveden i zápis *microscopium*.

Označení drobnohled je tzv. kompozitum, utvořené skládáním – spojením dvou slovních základů, čímž vzniká výraz s novým samostatným významem. Skládáním se tvoří nejčastěji podstatná jména, takto vzniklé výrazy jsou charakteristické především pro odborný styl. Drobnohled nám pravděpodobně připomene dalekohled a krasohled, vznikla tak i slova kladkostroj, přírodověda, teploměr, siločára, polokoule, novověk, velkoměsto, zlozvyk, zvěrolékař, kávovar apod.

Přestože výkladové slovníky češtiny uvádějí výrazy mikroskop a drobnohled jako synonymní, v odborném prostředí se slovo drobnohled dnes jistě užívá jen výjimečně. Zato si našlo poměrně pevné místo v současné publicistice, jak dokládají příklady užití: ten neustálý drobnohled médií mne zaskočil; kandidáti jsou podrobeni drobnohledu médií; prošli jsme všemi kontrolami včetně drobnohledu ombudsmana. Naprosto suverénní převahu má předložkové spojení „pod drobnohledem“: jednání politiků je pitváno pod drobnohledem; žít pod drobnohledem veřejnosti není vůbec jednoduché; sólový tanec každého páru byl pod přísným drobnohledem odborné poroty; pod drobnohledem je také přehradní nádrž ve Žluticích. Užití v přeneseném významu zatím v žádném ze slovníků zachyceno není.

Mezinárodně srozumitelný výraz mikroskop rovněž vznikl kompozicí. První část s významem malo-, drobno- má původ v řeckém *mikros* (malý, krátký) a -skop (které známe i ze slov gyroskop, teleskop, stetoskop, endoskop, laparoskop, kaleidoskop, stroboskop, horoskop) znamenající -hled má spojitost s řeckým *skopos* – kdo

hlídá, pozorovatel. Pro zajímavost doplníme, že stejný základ má i slovo skepse čili pochybovačnost. Ta se do češtiny dostala prostřednictvím němčiny (*Skepsis*), ale kořeny má v řeckém *sképtomai* – pozoruji, uvažuji, zkoumám.

Složenin s první částí mikro- je v češtině nepřehledně množství. Pro ilustraci: např. v Novém akademickém slovníku cizích slov (*Academia* 2005) najdeme mezi slovy mikroaerofilní a mikrozom 10 sloupců hesel. Patří k rozsáhlé skupině slov s mezinárodními slovními základy jako např. auto-, elektro-, foto-, radio-, makro-, mini- nebo stereo-, uplatňujících se hlavně v odborném názvosloví. Zpočátku se tyto formanty spojovaly jen se slovními základy cizího původu, postupně přibývaly i hybridní složeniny, jejichž druhý člen tvoří slovo domácího původu. Slovům s částí mikro- a makro- byl v polovině 60. let v jazykovědném časopise *Naše řeč* (1965, 2: 121–122) věnován příspěvek A. Jedličky. Autor si všimá, že tato slova výrazně přibývají a že vedle termínů, jako např. mikromanipulátor, mikroelektroda, mikrosoučástka, mikrosíto, mikrovrtačka, mikrovosk, mikrotyčinka, mikrohojivo, makrosvět, makroprostředí, se prosazují i výrazy z oblasti publicistické, tedy ne-terminologické; šlo např. o slova mikrointerview a mikrorozhovor, mikropovídka nebo mikrodrama, mikrokresby, mikropráce, mikrooblast, mikroobvod, mikroza-myšlení, mikropřehledka, mikronovinky, mikrooddech. Upozorňuje, že „... jak množství novotvarů, tak jejich šíření svědčí také o tom, že jde do jisté míry o jev v jazyce módní. A módnost skrývá v sobě nebezpečí brzkého opotřebování, výrazové nive- lizace a znehodnocení.“

Mikroskop k módním výrazům rozhodně nepatří, jeho místo v české slovní zásobě



je nezastupitelné. Užívaná jsou i odvozená adjektiva mikroskopový (objektiv), mikroskopický s významy viditelný pouze mikroskopem (mikroskopické částice; v případě, že by základním termínem zůstalo slovo drobnohled, pak by šlo o drobnohledné částice) nebo také prováděný mikroskopem (mikroskopické neboli drobnohledné pozorování), používá se mikroskopický preparát (určený pro mikroskop). Mikroskopie je jak název oboru aplikované fyziky, tak práce s mikroskopem; a místo opisného vyjádření pozorovat mikroskopem se vžil sloveso mikroskopovat. Slovesa odvozená z podstatných jmen sufixem -ovat vyjadřují různé významy, v tomto případě jde o význam používat jako nástroj to, co označuje základové substantivum. Ke stejnému typu patří např. buben – bubnovat, telefon – telefonovat, lux – luxovat, xerox – xeroxovat, esemeska – esemeskovat, databáze – databázovat.

Mikroskopovat lze leccos, např. výtrusy hub nebo kapradorostů. V odborné literatuře se setkáváme s nejednotným řešením odvozených slov souvisejících s tímto základem: máme psát vřeckovýtrusý, nebo vřeckovýtrusý, stopkovýtrusý, či stopkovýtrusný? Stejnou otázku řešíme i u složenin s první částí stejno- a různou-. Po- učení, jak tyto termíny psát, je bohužel v jazykových příručkách nedostatečné. V platných Pravidlech českého pravopisu (*Academia* 1993; školní verze *Fortuna* 1999) je zachycen pouze výtrus a výtrusnice a dále vřeco a adjektivum vřeco- výtrusý. Ve Slovníku spisovné češtiny (*Academia*, Praha 1994 a 2014) najdeme u výtrusu adjektivum výtrusný; nejvíce dokladů nabízí Slovník spisovného jazyka českého (Nakladatelství ČSAV, Praha 1960–71; reedice *Academia*, Praha 1989): stopkovýtrusý i stopkovýtrusý (tedy obě podoby), ale jen různovýtrusý a stejno- výtrusný. Vysvětlení této rozmanitosti nabízí příspěvek Hany Konečné v *Naší řeči* (2003, 5: 268–269). Podrobným popisem objasňuje, že ze slovtvorného hlediska jsou oba způsoby odvození v pořádku. V jednom případě je druhý člen těchto kompozit (-výtrus) doplněn adjektivní morfologickou charakteristikou (-ý), ve druhém je připojena přípona -ný. Oba způsoby jsou podle autorky doloženy též u Jana Svatopluka Presla v knize *Počátkové rostlinosloví* (Praha a Vídeň 1897), např. -laločný/-laloký, -žilný/-žilý. Rozbor je shrnut slovy: „... obě varianty, vřeckovýtrusý i vřeckovýtrusý, jsou utvořeny správně, a tudíž užívání té či oné podoby je po jazykové stránce naprosto v pořádku. (Skrutou výhodou může poskytovat forma vřeckovýtrusý, protože zadní člen tvoří již ve všech slovnících existující adjektivum výtrusný.) V každém případě je však žádoucí, aby autor v jednom textu užíval vždy jen jednu variantu.“

Ať už se chystáte mikroskopovat výtrusy, nebo cokoli jiného, přeji vám objevené pozorování.

1 Mikroskop Carl Zeiss Jena z 60. let 20. stol. je díky své kvalitní optice využíván i v současnosti např. pro rutinní prohlížení a určování lišejníků. Foto O. Koukol

# Mikroskopické houby v herbářích

I dnes v době elektronové a konfokální mikroskopie a digitálních fotografií, kdy často dokážeme houbu i její mikroznaky věrně zachytit a rychle porovnat s nálezy jiných kolegů, má herbář svou nezastupitelnou úlohu. Často se stává, že některý z druhů popsaný v minulosti je v literatuře pouze popsán slovně, ale nevyobrazen. Pokud je takový druh znovu nalezen a nelze ho jednoznačně určit z důvodu nejasného druhového vymezení, herbář umožňuje porovnání současných nálezů s dřívějšími a ověření jejich totožnosti. Může také posloužit při studiu rozšíření hub nebo k ověření (revizi), zda ten, kdo publikoval nález, se nezmýlil v určení, nebo je možné herbářové položky studovat znovu s použitím moderních metod (např. elektronová mikroskopie, analýza DNA).

Herbářová položka je usušený houbový materiál (plodnice nebo jiné útvary se sporami), v případě mikromycetů mnohdy i s částí substrátu, nebo usušená houba na živné agarové půdě z Petriho misky. Někdy stačí materiál sušit na vzduchu, ale v případě, že substrátem je dřevo, či dokonce silně promáčené dřevo (např. sbírané ve vlhku nebo ležící přímo ve vodě), se doporučuje použít sušičku na ovoce při teplotě nepřevyšující 35–40 °C (aby se předcházelo poškození DNA). Důkladné, brzy zahájené sušení se zajištěným odvětráváním je rovněž klíčové pro zabránění dalšímu růstu hub. Parazity rostlin na plochých rostlinných orgánech můžeme lisovat jako klasické rostliny mezi novinovými papíry a překládat je do suchých papírů, dokud houby i rostlinné orgány nevyschnou. Výsledně se ale nejčastěji ukládají do herbáře v obálkách podobně jako ostatní houby (obr. 1). Doklady sice usušením mohou změnit barvu a tvar (např. obr. 12 na str. 206), ale mikroznaky, a při dobrém zacházení i DNA, zůstávají zachovány (např. obr. 2).

## Proč agarové půdy?

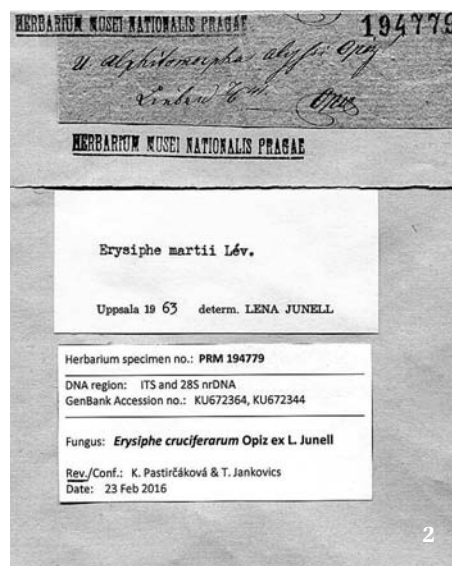
Usušené agarové živné půdy se do herbáře ukládají ve výjimečných případech, a to u druhů, s nimiž se pracuje v kulturách a které se běžně pro účely výzkumu nebo uchování stávají součástí sbírek mikroorganismů (viz článek na str. CXXV a 231). Tento případ nastane (a to poměrně často) po objevu nového, dosud nepopsaného druhu. Tehdy autor použije herbářovou položku jako typ nově popisovaného jména, a také kulturu, ze které položka usušením vznikla (může být uchovávána i ve více sbírkách mikroorganismů), označí jako „pocházející z typu“ (ex type culture). Pro popis nových druhů platí mezinárodně uznávaná pravidla, která se mění a přizpůsobují současným požadavkům jen jednou za několik let na plenárním zasedání Mezinárodního botanického kongresu. Popis jména nesplňující předepsané podmínky by byl neplatný.

## Studium mikroskopických hub ve světelném mikroskopu

Při určování i revizi mikroskopických hub je nejčastěji nutné studium ve světelném mikroskopu. Jako médium (roztok) mezi podložní a krycí sklíčko se používá kyselina mléčná, případně kyselina mléčná obarvená bavlnovou modří, Melzerovo činidlo nebo slabý roztok hydroxidu draselného, někdy obarvený konzskou červení. Ideální je studovat mikroskopické znaky na živém materiálu jen s použitím vody jako média, ale to lze pouze v případě čerstvých sběrů. U usušeného (tedy neživého) materiálu v herbáři voda neposkytuje moc dobré podmínky pro pozorování (materiál často hůře nasakuje).

## Mikroskopické houby v herbářích na území České republiky

Význam herbáře je tedy především srovnávací a dokumentační. K tomu prvnímu účelu byl již v r. 1818 zřízen jedním z nejvýznamnějších botaniků své doby Filipem Maximilianem Opizem ústav pro výměnu přírodnin. Sběrateli reprezentujícími první polovinu 19. stol. jsou F. M. Opiz a August Karel Josef Corda (blíže v článku na str. CXXII tohoto čísla; jejich sběry se zachovaly v herbáři Národního muzea a menší část sběrů F. M. Opize i ve Východočeském muzeu v Pardubicích). Do druhé poloviny 19. stol. spadají svou sběratelskou a publikační aktivitou Leopold Anton Kirchner, Josef Peyl a Friedrich Veselský (kteří ještě uzavírají opizovskou éru) a dva pozdější mykologové, rakouský přírodovědec Gustav von Niessl, který působil po dlouhou dobu v Brně, a saský mykolog a fytopatolog Felix von Thümen. Na začátku a v první polovině 20. stol. nastal velký rozkvět sběru hub pro herbáře a prací, které se kvůli metodické podobnosti s botanikou nazývaly mykofloristické studie. Těm se věnovalo hodně autorů (František Bubák, Hugo Zimmermann, Richard Picbauer, Eduard Baudyš, Franz Petrak, Jaromír Klika, Johann Hruby, Alfred Hiltzer, František Maloch ad.). Jen někteří z nich (např. F. Bubák



1 Herbářová položka padlí jetelovéhoho (*Erysiphe trifolii*) na jeteli prostředním (*Trifolium medium*)

2 Etiketa (scheda) nesoucí jméno *Alphetomorpha alyssi* a revizní lístky na herbářové položce padlí brukvovitých (*E. cruciferarum*) sbírané Filipem M. Opizem v r. 1841. Z této položky byla po více než 170 letech izolována DNA a získané sekvence byly použity v taxonomické studii.

a později F. Petrak) se soustavněji zabývali i taxonomií sbíraných hub. Z této doby pochází hodně herbářových položek i článků v odborných časopisech. Byla to také doba, která přála vydávání exsiccátových sbírek (obr. 4; z našeho území pochází např. část položek sbírky Josefa Emanuela Kabáta a F. Bubáka; Fungi imperfecti exsiccati nebo sbírka F. Petraka: *Flora Bohemiae et Moraviae exsiccata*). Svěráznou osobností byl univerzitní profesor Josef Velenovský (viz Živa 2009, 4: XXXV), jehož četné nové druhy stopkovýtusných hub a terčoplodých věckovýtusných hub (s plodnicí typu apotecium) jsou dodnes podrobovány revizi. Jisté ale je, že podnítl zájem o tyto skupiny u dalších mykologů (podle jeho monografie určovali později své sběry terčoplodých hub např. Václav Vacek a František Šmarda).

Novější dění na poli studia mikroskopických hub už je zachyceno v časopise Česká mykologie, který začal vycházet v r. 1947 (a v člancích na str. CXXII až CXXIV této Živy). V České republice máme větší počet institucí, kde se dlouhodobě uchovává herbář, většinou jde o botanické

sbírky (blíže také v Živě 2012, 4: LXXXV až LXXXVIII), někde samostatně i houby. Děkuji kurátorům, kteří poskytli informace, díky této ochotě bylo možné vytipovat herbáře, v nichž se nacházejí položky mikroskopických hub (tab. 1).

### Jak uspořádat herbář

Snahou je, aby exempláře patřící k jednomu druhu byly v herbáři umístěny na jednom místě. Tato poměrně jednoduchá a logická zásada je znesnadněna tím, že jména konkrétních druhů se v průběhu let mění, jak postupuje naše poznání, nebo jak se mění nomenklatorická pravidla. Prakticky to vypadá tak, že herbářové položky uložené v jedné krabici a obsahující stejný druh mohou nést až 12 různých jmen – např. krabice označené *Sirococcus conigenus* obsahují herbářové položky *Hypoderma conigenum*, *Leptothyrium conigenum*, *Dichaena strobilina*, *Fusarium strobilinum* a položky s dalšími 8 jmény, které byly v minulosti pro tento druh z řádu čárovkovitvaré (Diaporthales, houby vřecovýtusné) použity. Není zvykem na etiketě položky jméno přepisovat, k tomu by během historie mohlo dojít i vícekrát, takže veškeré změny (aktualizace) se odehrávají na slohách (tvrdé papíry velikosti A2 přeložené v polovině nebo v okrajových čtvrtinách, čímž vznikají nedověšené obálky, viz obr. 3). Slohy jsou v herbáři uspořádány nejčastěji abecedně podle rodu (a následně druhu) houby. Důležitá je i sbírková databáze, v současnosti v elektronické podobě, podle níž můžeme položky do herbáře po zapůjčení znovu zařadit.

### Chybně určené položky

Nelze si představit sbírku, která by byla naprosto bez chyb. Může se stát, že sběratel určí položku špatně, nebo má odlišný názor na druhové vymezení, vždy je třeba počítat s tím, že uvedené jméno není žádným způsobem závazné. Nutnost revize, u mikroskopických hub opětovného studia mikroskopických znaků, vyplývá často z jednoduchého faktu – jaká byla v době, kdy se položky do herbáře dostaly, používána určovací literatura, nebo podle kterých znaků byly houby určeny. Dalším případem jsou položky s houbami určenými pouze do rodu. I položka přibližně určená, která se dostane do herbáře, má svou hodnotu, pokud obsahuje materiál s dostatečným

**Tab. 1** Herbáře na území České republiky, v nichž jsou zastoupeny mikroskopické houby (nejsou podány informace o herbářích v Jihlavě, Liberci a Chomutově).

Herbář	Celkový počet položek nelichenizovaných hub	Mikromycety zastoupeny
Národní muzeum, Praha	420 tisíc	ano
Moravské zemské muzeum, Brno	200 tisíc	ano (asi 120 tisíc)
Katedra botaniky PFF Univerzity Karlovy, Praha	80 tisíc	ano (asi 60–70 tisíc)
Jihočeské muzeum, České Budějovice	21 tisíc	okrajově
Masarykova univerzita, Brno	20 tisíc	ano
Muzeum východních Čech v Hradci Králové	16 tisíc	okrajově (více než 300 položek)
Jihomoravské muzeum ve Znojmě	3,5 tisíce	jen několik menších hub terčoplodých
Západočeské muzeum, Plzeň	3 tisíce	ano (asi 700 položek)
Přírodovědné oddělení Ostravského muzea	2,8 tisíce	ano (sběry H. Deckerové)
Muzeum Dr. Bohuslava Horáka v Rokycanech	1,7 tisíce	ano (asi 80 položek)
Východočeské muzeum, Pardubice	1 tisíc	ano (asi 800 položek)
Krkonoské muzeum ve Vrchlabí	1 tisíc	ano (asi 320 položek)

kem znaků (houba je v optimální zralosti) a současně v dostatečném množství pro opakované odběry (na mikroskopování apod.). Druhým nezbytným předpokladem jsou co nejlépe zaznamenané údaje o sběru (lokality jednoznačně umožňující dodatečné nalezení, datum, sběratel). Jednou z možností, jak dostat tyto položky v herbáři „na správné místo“, je jejich revize a přiřazení správného jména. Není ale možné zrevidovat celý herbář najednou. Nejčastěji dochází k revizím jednotlivých rodů nebo zajímavějších nálezů (obvykle vzácných druhů). Větší herbář může obsahovat i 1 400 rodů mikromycetů.

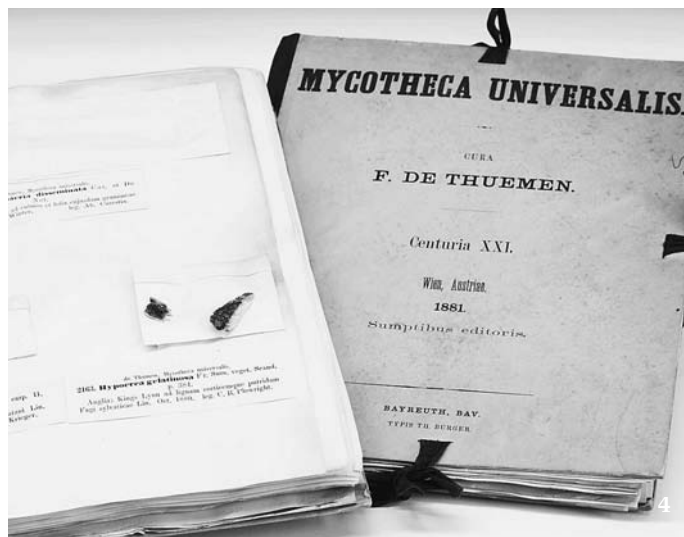
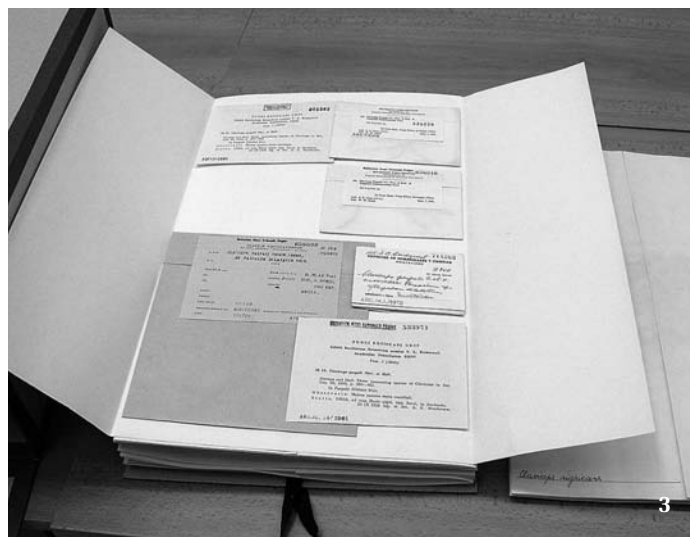
Ačkoli je herbářování stejně staré jako sama mykologie, podléhají i herbáře vývoji. Současný trend, kterým se větší herbáře často ubírají, je digitalizace – zavedení údajů do databáze a zveřejnění seznamu položek, v ideálním případě i s údaji o sběru, na internetu. V některých databázích je součástí údajů i fotodokumentace celkového sběru, která má sice u mikroskopických hub minimální informační hodnotu, ale umožňuje alespoň představit si, jak je daná položka bohatá na materiál ke studiu. Možnost vyhledání na internetu dává badateli představu, kolik asi položek daného rodu nebo druhu v herbáři mají uloženo, nebo rozmyslet, které položky by chtěl studovat, aniž by mu potřebné informace museli

zprostředkovat kurátoři. Přináší to ale i úskalí, že by mohlo docházet k nekritickému přebírání údajů a jejich používání, čemuž se nijak zabránit nedá, jen opětovným revidováním a uvedením na pravou míru. Nelze digitalizovat pouze dobře prověřené údaje, tím by se digitalizace brzy zastavila. Digitalizace nadneseně řečeno „probíhá rychleji než revize“. Dejme tomu, že v herbáři např. je zrevidováno 36 či dokonce 52 rodů mikroskopických hub, ale digitalizována byla už čtvrtina nebo polovina sbírky. Údaje mohou dobře sloužit, ale s vědomím, že můžeme od nich chtít jen, co požadovat můžeme.

*Článek vznikl za podpory Ministerstva kultury ČR (Dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace 2017/08, Národní muzeum, 00023272).*

Použitou literaturu uvádíme na webových stránkách Živy.

- Uložení herbářových položek hub ve slohách. Blíže v textu. Snímky M. Šandová, pokud není uvedeno jinak
- Masenka rosolovitá (*Hypocrea gelatinosa*) v exsikatové sbírce Mycotheca Universalis německého mykologa Felixe von Thümen (1839–92). Foto O. Koukol



## (Nejen) mikroskopické houby využíváné v medicíně

Přírodním zdrojem léčiv pro lidstvo byly od pradávna rostliny, v menší míře i houby a lišejníky. Z prostorů našeho civilizačního okruhu, jehož základy položily kultury Mezopotámie, Egypta a Řecka, máme řadu dokladů o využívání medicínálních rostlin, ale doložené použití hub mezi nimi nenajdeme. Jiná situace je dále na východě, kde známe recepty na léčiva z choroše lesklokorky *Ganoderma sichuanense* staré více než 2 000 let. Za nejstarší doložené využití hub v lékařství západní kultury je považován německy psaný recept z r. 1474. Týká se námele, tj. houby paličkovicice nachové (*Claviceps purpurea*), která se používala k urychlení lidského porodu (viz na str. 266 tohoto čísla). První použití v odborné lékařské praxi máme doloženo z USA v r. 1808. Již tehdy bylo jasné, že množství vedlejších účinků této drogy často vedlo k úmrtí novorozence. V prvním skutečně moderním seznamu léčiv (United States Pharmacopeia, 1820) byl proto námel, stále jako jediná houba, používán již pouze k potlačení poporodního krvácení, k čemuž slouží dodnes.

Zájem o drogy z hub vyvolal až objev penicilinu sirem Alexanderem Flemingem v r. 1928. Z mykologického hlediska je až příznačný proces hledání jména pro jeho producenta, tedy mikroskopickou houbu, kterou izoloval. Flemingův kmen byl nejdříve určen jako štětičkovec druhu *Penicillium rubrum* (1929), později přeřazen jako *P. notatum* (1945), *P. chrysogenum* (1977) a *P. griseoroseum* (1980). Nadto pro nejvíce populární *P. chrysogenum* existovala starší druhová jména (synonyma), takže tento název byl v r. 2006 nomenklatoricky konzervován, aby se zabránilo dalším změnám. Nástup moderních molekulárních metod ale vše opět změnil. Studium Flemingových autentických i odvozených průmyslových kmenů se ukázalo, že patří do druhu *P. rubens* (2011).

Objev penicilinu poukázal na možnosti využití přirozených antibiotických vlastností hub a bakterií, což nastartovalo skutečnou antimikrobiální revoluci. Ve stejné době jako penicilin G byl u houby *P. griseofulvum* objeven griseofulvin (1939), v dnešní době jediné široce používané

antimykotikum izolované z hub. Je zajímavé, že griseofulvin (a patrně i penicilin) do sebe dokážou vstřebat také rostliny, v nichž působí jako systémové antibiotikum. Nabízí se možnost, že houby, které asymptomaticky žijí v pletivech rostlin (endofytní houby, viz článek na str. 227) nebo v půdě, je touto cestou mohou chránit. Z ekologického hlediska tento aspekt příliš neznáme. Komerčnímu použití uvedených látek v zemědělství zase brání jejich poměrně vysoká cena. Antibióza, schopnost potlačovat růst jiných organismů, patří k jedné ze základních dovedností hub plynoucích z jejich životního stylu. Houbové mycelium pokrývá buněčná stěna a je nepohyblivé. Veškerá komunikace s okolím, nutnost obrany a příjem potravy probíhá přes buněčné sekrety, kterými jsou zejména enzymy a sekundární metabolity. Tyto látky musejí být zároveň dostatečně stabilní v běžných fyziologických podmínkách, což z nich dělá ideální cíl bioprospektorů. Bez nadsázky lze říci, že není houby, která by neprodukovala biologicky aktivní látky. Mezi antimykotiky můžeme uvést např. mucidin (1974), tvořený různými druhy hub, především stopkovýtrosných (Basidiomycota). Toto první československé antimykotikum bylo objeveno v Mikrobiologickém ústavu Akademie věd a pod názvem Mucidin Spofa se používalo v lékařské praxi.

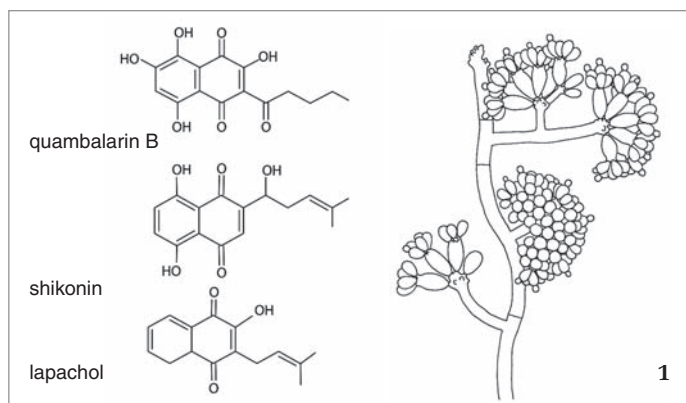
Řada antibiotických látek uvolňovaných houbami má zajímavé vedlejší účinky. Příkladem může být antimykotikum cyklosporin A (1978, producenty jsou věckovýtrosné houby rodu *Tolypocladium*, Ascomycota), u kterého byla zjištěna schopnost potlačovat lidskou imunitní odpověď. Působí specificky na T lymfocyty, podílející se na odmítavé reakci k cizím tkáním, a naopak neinteraguje s B lymfocyty, které nás chrání před infekcí. Zavedení cyklosporinu odstartovalo éru transplantací medicíny a jeho význam se přirovnává k penicilinu. Cyklosporin byl až do konce 90. let nenahraditelný (představoval jediné léčivo ve své třídě) a dodnes se používá nejen při transplantacích, ale také při léčbě autoimunitních onemocnění. Žádná z vyjmenovaných látek, i když

široce užívaná, nepředstavuje vrchol komerčního úspěchu metabolitů izolovaných z hub. Tím jsou jistě statiny, látky snižující LDL (Low Density Lipoprotein) cholesterol, čímž výrazně redukuje riziko kardiovaskulárních chorob. Statin Atorvastatin se dlouhodobě považuje za nejprodávanější lék na světě s tržbou 125 miliard USD asi za 15 let. První statin, ze kterého byla ostatní léčiva této třídy odvozena, byl lovastatin (1987) izolovaný z půdní houby kropidláku zemního (*Aspergillus terreus*). Je zajímavé, že imunosupresivní potenciál metabolitů rodu *Tolypocladium* byl rozvíjen také v bývalém Československu. Původní patent na cyklosporin A popisoval (patrně kvůli utajení) producenta jako *Trichoderma*. Až publikace (1986) jeho skutečné identity (že jde o rod *Tolypocladium*) vedla ke zjištění, že u nás vyvíjené

**1** Molekulární struktura několika přírodních drog. Slibné sekundární metabolity poznáme již podle typické (drug-like) stavby. Jde většinou o nízkomolekulární látky, které mají alespoň jeden aromatický kruh a nejsou ani extrémně polární nebo nepolární. Často také mají jednu ionizovatelnou skupinu. Vodítkem pro hledání biologické aktivity bývá podobnost k známým léčivům.

Vyobrazená látka quambalarin B je metabolit stopkovýtrosné houby *Quambalaria cyanescens* (na obr. vpravo), který byl objeven v Mikrobiologickém ústavu AV ČR (Stodůlková a kol. 2015). Strukturou se podobá vyobrazeným drogám shikonin a lapachol. Shikonin se získává z rostliny *Lithospermum erythrorhizon* a hlavně v Číně se hojně využívá (také jako součást tradiční medicíny) při léčbě rakoviny. Lapachol tvoří součást čaje lapačo, léku amazonských indiánů. Stejně jako tyto látky má quambalarin B schopnost potlačovat rakovinné bujení a jeho další použití je předmětem probíhajícího výzkumu. Orig. kolektivu vědců z MBÚ AV ČR a P&F UK (např. Grobárová a kol. 2016)

**2** Plodnice choroše lesklokorky lesklé (*Ganoderma lucidum*), rostoucího od Evropy po Asii. Toto jméno se dosud používá i pro ling-zhi, což je medicínsky ceněná čínská lesklokorka, která se komerčně pěstuje a lze ji koupit i na českém trhu. S nástupem molekulárních taxonomických metod se ukázalo, že ling-zhi patří do samostatného druhu *G. sichuanense*. Liší se obsahovými látkami, přičemž obsahuje výrazně více biologicky aktivních terpenů. Foto M. Kříž



antimykotikum tolypin je vlastně cyklosporin a lze ho použít také k potlačení imunitní reakce. Výsledkem bylo patentování československého kmene, které umožnilo nezávislou produkci cyklosporinu.

Potřeba nových antibiotik se zvyšuje s celosvětově rozšířenou a stále vzrůstající rezistencí bakterií. Reakcí na výskyt rezistence je např. antibiotikum Plectasin (producent vřeckovýtusná houba *Pseudoplectania nigrella*), zatím ve stadiu klinických testů. Dalším úspěchem se stala nová řada antibiotik ze skupiny pleuromutilinů. Jde o dlouho známé antibiotikum (1950), izolované ze stopkovýtusné houby mechovky *Clitopilus passeckerianus*, jehož modifikací byly získány nové látky, posléze patentované, a tedy klinicky zkoumané. Pro vývoj nových látek z přírodních zdrojů je totiž nezbytná jejich patentovatelnost. Látka musí být skutečně nová a její použití nesmí být popsáno dříve, než dojde k udělení patentu. Tím jsou diskvalifikovány stovky známých antibiotik, jejichž účinky byly nejdříve popsány ve vědecké literatuře. Samotnému uvedení léčiva na trh předcházejí náročné testy na živých organismech včetně člověka. Tyto náklady jsou v současné době schopny hradit jen velké farmaceutické firmy. Pokud je patent udělen, tak bude látka a hlavně její použití chráněno 20letou lhůtou, což postačuje k uhrazení nákladů spojených s jejím zavedením. Po uplynutí této lhůty se z látky stává generikum, které může vyrábět a prodávat kdokoli. Zachování exkluzivity lze např. patentováním látky odvozené, u níž bylo chemickou modifikací dosaženo nové struktury a lepších nebo jiných účinků.

Další možností uvedení účinných látek na trh je registrace jako potravinový doplněk, tedy nikoli jako léčivo, za které bývá často mylně pokládáno. U těchto přípravků není nutné prokazovat účinnost klinickými testy. Např. lovastatin produkuje různé houby, včetně běžně pěstované hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*). Tradičním producentem lovastatinu je druh *Monascus purpureus*, používaný k fermentaci rýže při výrobě „rudé rýže koji“. V Číně se užívá

přes dva tisíce let jako potravina, dochucovadlo a barvivo a přes tisíc let také v tradiční čínské medicíně. V současné době se tento produkt prodává po celém světě. Jako dobrý příklad neregistrované látky s prokazatelně léčivými vlastnostmi poslouží i čínský všelék – housenice čínská (*Ophiocordyceps sinensis*). Tato vřeckovýtusná houba se přirozeně vyskytuje v horách Nepálu a Tibetu a napadá housenky mūr, na nichž vytváří velká stromata se zanořenými peritecií. V některých částech Tibetu tvoří její sběr až 40 % oblastního příjmu a kilogram suchých plodnic se prodává až za jeden milion korun. Housenice čínská je blízce příbuzná výše uvedené houbě rodu *Tolyptocladium*. Během infekce uvolňuje látky modulující buněčné děje housenky a následně uvolňuje antibiotika, která zabrání nežádoucím konkurentům v růstu. Tato pro Číny ikonická houba se stala středem zájmu mnoha vědeckých týmů a u více než 20 jí produkováných látek byla zjištěna silná biologická aktivita. Komerční pěstování stromat je však zatím znemožněno nutností velmi specifických podmínek. Malá část produkce je zajišťována pomocí kultivace mycelia *in vitro*. Tím se sice mění spektrum produkováných látek, ale některé významné metabolity, jako třeba proti rakovině působící kordycepin, takto lze produkovat.

Tradiční čínská medicína je také nejčastějším zdrojem dalších potravinových doplňků z hub – houbových polysacharidů. Mezi ně náležejí zejména betaglуканы, což jsou polymery (řetězené molekuly glukózy) obsažené v buněčné stěně všech hub (viz Živa 2012, 2: 52–54). Stanovení houbové specifických betaglуканů v lidské krvi se proto používá pro odhalení systémové infekce houbami. Houbové glukany jsou rozpoznány bílými krvinkami (makrofágy) a vyhodnoceny jako přítomnost infekce v těle, následuje celková stimulace imunitního systému. Populárními zdroji betaglуканu jsou především hlíva ústříčná, lesklokorka (v čínštině ling-zhi, v japonštině reishi, *G. sichuanense*; obr. 2) a houževnatec jedlý (shiitake, *Lentinula edodes*). Výzkumy ukázaly, že všechny houbové glukany

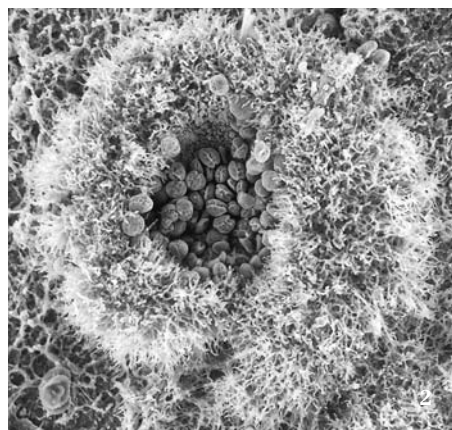
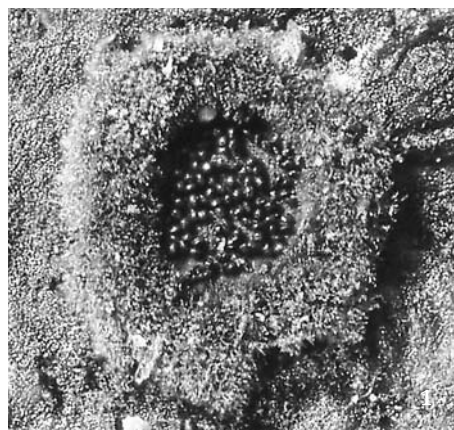
vykazují velice podobné účinky a důležitá je hlavně kvalita jejich přípravy. Primárním zdrojem betaglуканu mohou být tedy i sbírané houby, nebo třeba pivovarské kvasinky. Buněčná stěna hub je ale velmi těžko stravitelná a betaglуканы v ní obsažené jsou proto špatně dostupné a jejich příjem při běžné konzumaci je zanedbatelný. Pro léčebné použití betaglуканů je nutná jejich extrakce. Ta zahrnuje zejména vaření a macerování v alkoholu a lze ji tedy zvládnout i v kuchyňských podmínkách.

Kromě polysacharidů (glukanů) výše uvedený přehled pojednává zejména o nízkomolekulárních látkách (obr. 1). Hub lze ale využít i k produkci různých extracelulárních enzymů. Nejčastěji jde o enzymy rozkládající buněčnou stěnu hub a bakterií, které mají zároveň schopnost rozrušovat mikrobiální biofilmy. Preparáty založené na produkci těchto enzymů mohou obsahovat přímo živou houbu, nebo pouze enzymy, jež si svou aktivitu udrží po řadu let. Příkladem mohou být preparáty na bázi tzv. chytré houby, *Pythium oligandrum*. Tento organismus ve skutečnosti není houba, patří mezi řasovky (Peronosporomycota), dříve řazené mezi houby, dnes spadající mezi Stramenopila. Díky evoluční konvergenci u nich došlo k celkové podobnosti s houbami, včetně životní strategie, tvorby mycelia a produkce enzymů. *Pythium* umí vstupovat do mezibuněčného prostor rostlin, svou přítomností indukuje v rostlině nespecifickou imunitní odpověď, a tím ji chrání před ostatními patogeny. Zároveň působí jako silný mykoparazit, tedy schopný ničit buňky hub. Rod *Pythium* stejně jako další biopesticidy (houby rodu *Penicillium*, *Talaromyces*, *Clonostachys* a *Trichoderma*) představují ekologickou alternativu ke komerčním fungicidům. Většina těchto biopesticidů svým růstem navíc zlepšuje úživnost půdy a odborně o nich mluvíme jako o biofertilizérech. Jejich hlavní devizou je schopnost zpřístupnit těžko rozpustné formy fosforu, tedy živiny zásadní pro rostlinný růst.

Použitá literatura uvedena na webu Živy.

Pozvánka na výstavu se Živou

## Paralelní mykosvět



### Náhoda, nebo účel?

Ve světě mikroskopických hub mají na první pohled známé objekty a struktury zcela jiný význam a funkci.

Redakční rada a redakce časopisu Živa ve spolupráci s mykologickou skupinou katedry botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy vás zve na výstavu fotografií z méně známého světa hub.

**Galerie a literární kavárna  
knihkupectví Academia  
prosinec 2017 v Praze,  
březen a duben 2018 v Brně**

**1 a 2** Ptačí hnízdo se spoustou vajíček? Kolonie tropické vřeckovýtusné houby rodu *Hermatomyces* na suché větvičce liány. Fotografie z optického (obr. 1) a ze skenovacího elektronového mikroskopu (2). Snímky: J. Machač a O. Koukol



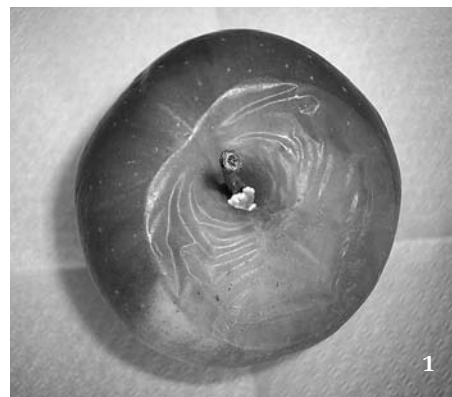
# Toxinogenní vláknité mikroskopické houby a mykotoxiny v potravinách

**Toxinogenní vláknité mikroskopické houby patří k významným biologickým agens, která mohou prostřednictvím kontaminovaných potravin ovlivnit zdraví člověka. To je dáno zejména vhodnými podmínkami, jež tyto houby mají pro svůj růst, rozšiřování a produkci mykotoxinů. Z potravin bylo popsáno na základě současných poznatků více než 70 druhů toxinogenních vláknitých mikroskopických hub (dále jen toxinogenní houby; viz tab. 1).**

Mykotoxiny jsou sekundární metabolity toxinogenních hub jedovaté pro člověka a další živé organismy, ale nikoli nezbytné pro růst a rozmnožování těchto hub, na rozdíl od jejich primárních metabolitů (např. aminokyselin, mastných kyselin nebo proteinů). Jako důvod, proč jsou mykotoxiny houbami produkovány, se uvádí, že představují obranný prostředek v konkurenčním „boji o substrát a o přežití“.

Jde o strukturně různorodé komplexní organické sloučeniny nebilkovinné povahy o nízké relativní molekulové hmotnosti (většinou 200–500). K nejvýznamnějším mykotoxinům, které se mohou vyskyto-

vat v potravinách, patří aflatoxiny ( $B_1$ ,  $G_1$ ,  $B_2$ ,  $G_2$ ,  $M_1$ ), ochratoxin A, patulin, citrinin, kyselina cyklopiazonová, fumonisiny, trichoteceny (např. deoxynivalenol, nivalenol, T-2 toxin), zearalenon, alternariové mykotoxiny (kyselina tenuazonová, alternariol, altenuen, altertoxiny ad.) a sterigmatocystin. Zatím známe přes 400 mykotoxinů a jejich metabolitů, i nadále jsou objevovány a chemicky charakterizovány „nové“ typy (např. konjugáty mykotoxinů se sacharidy). V odborné veřejnosti se aktuálně intenzivně diskutuje otázka výskytu několika mykotoxinů v potravinách zároveň a následně společné dietární expozice



**1** Jablko s nárůstem štětičkovce rozšířeného (*Penicillium expansum*), producenta patulinu (s toxickými účinky na trávicí trakt a ledviny u laboratorních potkanů). Foto V. Ostrý

(co-occurrence/co-exposure). K růstu toxinogenních hub a produkci mykotoxinů v potravinových surovinách může docházet jak na poli ještě před sklizní a po sklizni, tak při uložení ve skladech a uchování potravin v domácnostech (obr. 1). Mykotoxiny se vytvářejí v myceliu hub, vzácněji ve sporách a většinou rychle pronikají do substrátu, včetně kontaminovaných potravin.

Produkcí mykotoxinů ovlivňují různé fyzikální, biologické a chemické faktory:

- vlhkost – potřebná je vyšší vodní aktivita ( $a_w$ ) potravin, např.  $a_w > 0,85$  pro produkci aflatoxinů a ochratoxinu A (vodní aktivita vyjadřuje obsah vody, která není v potravinovém substrátu chemicky vázána a je přístupná mikroorganismům);
- množství spor – vhodné inokulum životaschopných spor (nejčastěji konidií) pro přirozenou kontaminaci substrátu;
- teplota – např. optimální teplota pro produkci aflatoxinů a ochratoxinu A je blízká teplotě optimální pro růst toxinogenních hub (tedy 25–30 °C), u jiných mykotoxinů, např. zearalenonu produkovaného druhem *Fusarium graminearum*, se uvádí teplota pro optimální růst 15–25 °C a pro produkci deoxynivalenolu minimálně 15 °C;
- konkurenční mykobiota – při současné přítomnosti kropidláků rodu *Aspergillus* sekce *Nigri* a kropidláku žlutého (*A. flavus*) v potravinách může docházet k inhibici produkce aflatoxinů;
- substrát – obsah konzervačních látek (např. kyseliny sorbové a propionové) snižuje produkci mykotoxinů, stejně jako výskyt přírodních látek s inhibičním účinkem (např. eugenolu, thymolu a anetolu);
- mikrobiální interakce – přítomnost vybraných kvasinek může inhibovat růst toxinogenních hub a produkci mykotoxinů (např. po inokulaci sladového ječmene kulturou *Galactomyces candidus* dochází k inhibici růstu rodů *Fusarium*, *Penicillium* a *Aspergillus*, a tím k omezení výskytu mykotoxinů a přepěňování piva);
- přítomnost  $CO_2/O_2$  – většina vláknitých hub potřebuje pro růst a produkci mykotoxinů kyslík, nedostatek kyslíku (méně než 0,5 %) brání tvorbě aflatoxinů a fumonisinu  $B_1$ , produkce ochratoxinu A kropidlákem okrovým (*A. ochraceus*) není možná v prostředí s 30 % oxidu uhličitého (to má praktický význam pro skladování potravinových surovin);

**Tab. 1** Významní producenti mykotoxinů v potravinových surovinách a potravinách

Mykotoxin	Producent
Aflatoxin $B_1$ , $B_2$	<i>Aspergillus flavus</i>
Aflatoxin $B_1$ , $B_2$ , $G_1$ , $G_2$	<i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>A. nomius</i>
Altenuen	<i>Alternaria alternata</i>
Alternariol	<i>Alternaria alternata</i> , <i>A. brassicae</i> , <i>A. capsici-anui</i> , <i>A. citri</i> , <i>A. cucumerina</i> , <i>A. dauci</i> , <i>A. kikuchiana</i> , <i>A. solani</i> , <i>A. tenuissima</i> , <i>A. tomato</i>
Alternariol monometyléter	<i>Alternaria alternata</i> , <i>A. brassicae</i> , <i>A. capsici-anui</i> , <i>A. citri</i> , <i>A. cucumerina</i> , <i>A. dauci</i> , <i>A. kikuchiana</i> , <i>A. longipes</i> , <i>A. porri</i> , <i>A. solani</i> , <i>A. tenuissima</i> , <i>A. tomato</i>
Citrinin	<i>Monascus ruber</i> , <i>Penicillium expansum</i> , <i>P. citrinum</i> , <i>P. radicola</i> , <i>P. verrucosum</i>
Deoxynivalenol	<i>Fusarium culmorum</i> , <i>F. graminearum</i>
Fumonisiny	<i>F. anthophilum</i> , <i>F. dlamini</i> , <i>F. napiforme</i> , <i>F. nygamai</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>F. thapsinum</i> , <i>F. verticillioides</i>
Kyselina cyklopiazonová	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. tamarii</i> , <i>P. camemberti</i> , <i>P. commune</i> , <i>P. griseofulvum</i>
Kyselina tenuazonová	<i>Alternaria alternata</i> , <i>A. capsici-anui</i> , <i>A. citri</i> , <i>A. japonica</i> , <i>A. kikuchiana</i> , <i>A. longipes</i> , <i>A. mali</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>A. porri</i> , <i>A. radicina</i> , <i>A. solani</i> , <i>A. tenuissima</i> , <i>A. tomato</i>
Námelové alkaloidy	<i>Claviceps fusiformis</i> , <i>C. paspali</i> , <i>C. purpurea</i>
Nivalenol	<i>Fusarium crookwellense</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. venenatum</i>
Ochratoxin A	<i>Aspergillus carbonarius</i> , <i>A. foetidus</i> , <i>A. lacticoffeatus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. sclerotioniger</i> , <i>A. steynii</i> , <i>A. westerdijkiae</i> , <i>P. nordicum</i> , <i>P. verrucosum</i>
Patulin	<i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Byssoschlamys nivea</i> , <i>P. carneum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. griseofulvum</i>
Sterigmatocystin	<i>Aspergillus versicolor</i>
T-2 a HT-2 toxiny	<i>Fusarium langsethiae</i> , <i>F. sporotrichioides</i>
Zearalenon	<i>F. culmorum</i> , <i>F. graminearum</i>

- doba inkubace – v experimentální studii s kropidlákem žlutým a kontaminací chleba jsme zjistili vyšší obsah aflatoxinů po 48 hod. inkubace oproti měření po 24 hod.;
- mechanické poškození potraviny – významné např. u jablek s následnou kontaminací štětičkovcem rozšířeným (*P. expansum*) a produkcí patulinu (obr. 1);
- poškození plodiny hmyzem (larvami motýlů a brouků) – důležitý faktor např. u kukuřice s následnou kontaminací druhem *Fusarium verticillioides* a produkcí fumonisinu B<sub>1</sub>.

Asi 20 mykotoxinů má na základě současných poznatků významný vliv v potravinách a v pracovním a životním prostředí člověka, vykazují řadu toxických účinků, a závažné jsou jejich mutagenní a karcinogenní účinky. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny při Světové zdravotnické organizaci (IARC/WHO) se sídlem ve francouzském Lyonu se zabývá mimo jiné hodnocením karcinogenního rizika těchto látek a klasifikací karcinogenních mykotoxinů. Dosud byly kategorizovány jako prokázané karcinogeny pro člověka pouze aflatoxiny (skupina 1). Ochratoxin A, fumonisiny a fusarin C byly zařazeny mezi možné karcinogeny pro člověka (skupina 2B). Mykotoxiny dále vykazují účinky teratogenní, estrogenní, hemoragické (ovlivňující krvácení), dále toxické působení na nervovou soustavu, buňky, funkci ledvin a jater. Za závažné se považují imunopresivní účinky (snížení obranyschopnosti organismu) a riziko pozdního toxického působení (zejména karcinogenní riziko a vývojová toxicita) po příjmu nízkých jednorázových nebo opakovaných koncentrací mykotoxinů v potravinách. Základní toxikologický výzkum „nově objevených“ a „starých“ mykotoxinů nebyl zatím ukončen a nadále probíhá. Obdobně tomu je i u hodnocení zdravotního rizika mykotoxinů v potravinách.

Na základě recentních výsledků je v ČR riziko akutní otravy mykotoxiny obvykle považováno za minimální. Jejich přítomnost v potravinách se kontroluje a omezuje ve většině států světa. V Evropské unii jsou mykotoxiny v potravinách limitovány nařízením Komise (ES) č. 1881/2006 v platném znění, jde o aflatoxiny (aflatoxin B<sub>1</sub>, suma aflatoxinů B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> a G<sub>2</sub>, aflatoxin M<sub>1</sub>), deoxyvalenol, zearalenon, ochratoxin A, fumonisiny, T-2 toxin a HT-2 toxin, citrinin a námellová sklerocia (v procesu schvalování jsou vybrané námellové alkaloidy). Z praktických příkladů je např. zajímavé, že vedle výskytu aflato-



2

2 Kontaminace potravin houbami se nevyhýbá ani nápojům. Slazený černý čaj s koloniemi několika druhů mikromycet, mezi nimi i kropidláku žlutého (*Aspergillus flavus*), producenta aflatoxinů B<sub>1</sub> a B<sub>2</sub>

3 Zrna kukuřice (zakoupená v Panamě) kolonizovaná pravděpodobně také druhem *A. flavus*. Snímky O. Koukola, pokud není uvedeno jinak

4 Dlouhodobé průměry ročních teplot vzduchu v České republice, včetně trendu vývoje v letech 1961–2099. Mapa dostupná na portálu Českého hydrometeorologického ústavu (<http://portal.chmi.cz>)

xinů v arašidech, který je již dobře popsán a zmapován, byly zachyceny vysoké koncentrace ochratoxinu A ve výtazku z kořene kozince blanitého (*Astragalus propinquus*, syn. *A. membranaceus*), který se využívá jako léčivá bylina.

Záchyt mykotoxinů v potravinách je často hlášen v Systému rychlého varování pro potraviny a krmiva (RASFF). Tento systém slouží pro ohlašování rizikových potravin a krmiv za účelem zamezení jejich uvádění do oběhu nebo kvůli jejich stažení ze společného evropského trhu. Základním kritériem pro oznámení zasílané prostřednictvím RASFF je poznatek, že výrobek (potravina) představuje přímé nebo nepřímé riziko pro zdraví a bezpečnost spotřebitele. V případě výskytu mykotoxinů jde především o překročení hygienických limitů stanovených ve výše uvedeném nařízení. Před mykology, mykotoxikology, pracovníky v ochraně veřejného zdraví, dozorových organizací a výzkumníky vyvstává v posledních letech řada výzev a témat k řešení ve spojitosti s toxikogenními houbami a mykotoxiny v potravinách. Pro potřeby tohoto článku jsme vybrali následující dvě výzvy/témata.

## Změna klimatu a globální oteplování

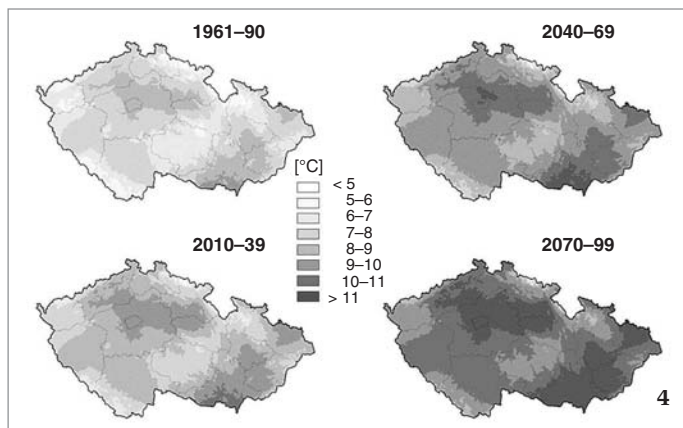
Podle Mezivládního panelu pro změny klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change) dochází v Evropě ke změně klimatu, která se projevuje četnějším výskytem a častějším střídáním extrémních projevů počasí (teplý, mráz, sucho, povodně, vichřice), změnou vodní bilance v krajině a v posledních třech desetiletích nárůstem průměrné teploty o 0,45 °C. Český hydrometeorologický ústav uvádí dlouhodobé průměry ročních teplot vzduchu v ČR včetně trendu vývoje do r. 2099 (obr. 4). Z nich vyplývá, že k nejteplejším a nejnižším oblastem v ČR budou patřit střední Čechy a jižní Morava.

Odborníci konstatují, že v důsledku změny klimatu v Evropě dochází k šíření významných toxikogenních hub, a to především zástupců řádu plesnivkotvaré (Eurotiales, vřecovýtvarné houby), jako jsou kropidlák žlutý (producent aflatoxinů B<sub>1</sub> a B<sub>2</sub>), kropidlák *A. carbonarius* (ochratoxin A), a zástupců řádu masenkotvaré (Hypocreales) jako *Fusarium verticillioides* (fumonisiny).

Diskutuje se také, do jaké míry dojde v důsledku změny klimatu ke změně v ekologii „tuzemských“ toxikogenních hub (např. producentů fuzariových a alternariových mykotoxinů) a změně jejich druhového zastoupení (např. rodu *Fusarium*, černí střídavá – *Alternaria alternata* a štětičkovec rozšířený) při osídlení kulturních plodin, které by mělo vést ke zvýšení produkce mykotoxinů. Toto tvrzení je již možné doložit následující kazuistikou. V Maďarsku, Srbsku a Itálii byl v kukuřici ze sklizně 2012 a 2013 zjištěn, oproti předcházejícím letům, vyšší výskyt kropidláku žlutého a následná kontaminace aflatoxinem B<sub>1</sub>. To se projevilo po zkrmení kukuřice dojnými zvířaty zvýšeným výskytem aflatoxinu M<sub>1</sub> v kravském mléce. Druhý případ se týkal celé Evropy včetně České republiky a potravinářské kukuřice ze sklizně 2014. Tehdy byl proveden záchyt relativně vysokých koncentrací fuzariových mykotoxinů (deoxyvalenonu, zearalenonu a fumonisinů), který převyšoval jejich povolené limity. Asociace Euromai-ziers, sdružující zpracovatele kukuřice, se obrátila na Výbor pro zemědělské kontaminanty při DG SANTE (generální ředitelství pro zdraví a bezpečnost potravin) Evropské komise s žádostí o zmírnění hygienických limitů pro uvedené mykotoxiny v potravinářské kukuřici ze sklizně 2014. Žádosti však komise nevyhověla.



3



4

## Omezení výskytu mykotoxinů v potravinách v rozvojových zemích

### ● Aflatoxiny

K tomuto tématu nás přivedla dvouměsíční stáž (TDS Fellowship Program) pracovníků Centrální laboratoře pro bezpečnost potravin z Beninu v západní Africe, která proběhla v laboratořích Státního zdravotního ústavu, Centra pro zdraví, výživu a potraviny v Brně, v rámci pomoci rozvojovým zemím Afriky. Zúčastnění projevili mimo jiné velký zájem o problematiku toxinogenních hub a mykotoxinů v potravinách.

Proč právě rozvojové země? Vysoká teplota, vysoká relativní vlhkost a výskyt toxinogenních hub v půdě představují vhodné podmínky pro osídlení kulturních plodin těmito houbami a zvýšenou produkci mykotoxinů, především aflatoxinů. Po dietární expozici vysokým koncentracím aflatoxinů dochází k akutní aflatoxikóze. Často se vyskytovala v 80. letech 20. stol. v Etiopii a dalších zemích Afriky a Asie. Úmrtí 125 lidí v oblasti Makueni v Keni v r. 2004 po konzumaci pokrmů z kukuřice silně kontaminované aflatoxiny svědčí, že nejde o historickou záležitost.

Je z této situace východisko? Jedním může být aplikace přípravku Aflasafe<sup>TM</sup>. Aflasafe byl vyvinut skupinou vědců z rozvinutých zemí za vydatné finanční podpory Nadace Billa a Melindy Gatesových a poprvé byl použit k ochraně kukuřice v Nigérii. Jde o semena obiloviny širokou naočkovaná konidiami netoxinogenního L-kmene *A. flavus*. Čírok slouží jako nosič a substrát pro konidie *A. flavus*. Aflasafe se aplikuje rozsevem do půdy 2–3 týdny před kvetením kukuřice v množství 10 až 20 kg/ha porostu. V půdě konidie vyklíčí na semenech číroku a následně dochází ke

kompetitivním vztahům mezi toxinogenními a netoxinogenními kmeny *A. flavus*, které se projeví snížením kontaminace palic kukuřice aflatoxiny o více než 80 %. Aflasafe byl použit nebo se plánuje k použití i v dalších zemích Afriky (např. Ghana, Keni, Malawi, Mozambiku, Senegal, Tanzani a Ugandě) a zdá se, že může mít pozitivní dopady jak v ochraně veřejného zdraví, tak i v ekonomické oblasti.

### ● Fumonisin

Po konzumaci kukuřičných tortill a dalších kukuřičných pokrmů s fumonisinem v koncentraci vyšší než 6 000 µg/kg se projevuje u plodu těhotných žen v prvním trimestru těhotenství teratogenní efekt spina bifida cystica, kdy při vývoji neurální trubice plodu nedochází k jejímu uzavření. Spina bifida cystica patří do skupiny defektů způsobených zejména nedostatkem kyseliny listové (folátů) ve stravě těhotných. Podíl fumonisinů na vzniku tohoto postižení byl toxikology velmi dobře popsán a vysvětlen. Fumonisin způsobuje rozvrat biosyntézy sfingolipidů v buněčné membráně a zabraňuje transportu folátů do buňky. Prevalence výskytu spina bifida cystica ve spojitosti s fumonisinem je nejvyšší v Guatemale (až 150 případů na 10 000 narozených kojenců), kde kukuřice představuje základní složku potravy (obr. 3) a slouží k přípravě pokrmů.

Odborníci doporučují pěstování transgeneticky modifikované kukuřice obsahující transgeny z bakterie *Bacillus thuringiensis*, jež se exprimují v podobě Bt toxinů (δ toxinů). Ty účinně působí proti vývojovým stadiím zavíječky kukuřičného (*Ostrinia nubilalis*) a brouka bázlivce kukuřičného (*Diabrotica virgifera*; viz také Živa 2004, 2: 54–56

a 2012, 2: 55–56), čímž se minimalizuje poškození kukuřice jejich požerem, a tudíž i vstupní brána pro toxinogenní houby. Fumonisin v kukuřici lze omezit i po sklizni. Od dob mayské civilizace je znám technologický postup zvaný nixtamalizace. Zrno kukuřice se vaří v zásaditém roztoku vápna, následně se propere pitnou vodou a po usušení se pomele na kukuřičnou mouku. Vedle zvýšení stravitelnosti a výživové hodnoty dochází k výraznému snížení obsahu fumonisinů.

Závěrem bychom zmínili, že profesní život mykologa přináší řadu aktuálních úkolů. Jde o vyhledávání nových expozičních zdrojů mykotoxinů (výskyt mykotoxinů nebo jejich producentů v potravinách). S tím souvisí rozvoj analytických metod imunochemických (např. ELISA) a chromatografických (např. LC-MS/MS) ke stanovení mykotoxinů. Neméně významná pozornost se věnuje výzkumu nových producentů mykotoxinů v potravinách (např. kropidlák černý – *A. niger* a produkce fumonisinů B<sub>2</sub> a B<sub>4</sub> v hroznech révy vinné a v rozinkách), metabióze (dříve se vyvíjející druh mikroorganismu vytváří vhodné podmínky pro druh pozdější) toxinogenních hub s bakteriálními patogeny v potravinách a tvorbě biofilmu v potravinách. S těmito úkoly pak souvisí rozvoj molekulárněbiologických metod k detekci a identifikaci toxinogenních hub.

Článek vznikl s podporou Ministerstva zdravotnictví ČR – RVO (Státní zdravotní ústav – SZÚ, IČ 75010330).

Použitou literaturu uvádíme na webové stránce Živy.

Ivana Borovičková

## Metody dlouhodobého uchování mikroskopických hub

Získání čisté houbové kultury (izolátu) z prostředí je náročný proces a každý, kdo s izoláty pracuje, musí dříve či později řešit otázku jejich dlouhodobého uchování. Je potřeba zachovat nejen životaschopnost, ale také morfologické, fyziologické a genetické vlastnosti, protože jen tak se dají využít k dalšímu studiu. V historii výzkumu hub, kvasinek a bakterií bylo vyvinuto mnoho metod, které se v různé míře používají dodnes. Tento příspěvek věnujeme především uchování saprotrofních mikroskopických hub (mikromycetů). U parazitických mikromycetů často potřebujeme složitější metody, včetně např. pěstování nebo chovu jejich hostitele.

Základními metodami uchování houbových kmenů (jako kmen označujeme izolát uložený do sbírky a alespoň částečně charakterizovaný svými vlastnostmi) jsou růst v kultuře, sušení a mražení. Zatím-

co aktivní růst v kultuře bývá krátkodobý (nejvýše dva roky), sušení a mražení jsou základem dlouhodobého uchování – po desítky let. Jakou metodu použijeme, záleží především na vlastnostech konkrétního druhu houby (zejména jeho schopnosti sporulace nebo vytváření klidových stadií), dále na účelu a předpokládané době uchování a v neposlední řadě na přístrojové a finanční vybavenosti laboratoře. Z těchto důvodů se ve sbírkách kultur hub obvykle využívají minimálně dva způsoby zároveň.

### Uchování na šikmém agaru

Jde o agarové médium nalité do zkumavky a ztuhlé na šikmé ploše, která je výhodná z hlediska větší plochy pro očkování (viz obr. 1). Kultury můžeme skladovat v chladničce při 5 °C po dobu několika měsíců až dvou let. Každý kmen se obvykle uchovává na dvou médiích, z nichž jed-

no je na živiny bohaté a druhé chudé. Při dalším očkování (přenesení malého množství houby – inokula – sterilní jehlou na nové médium) se houby přemísťují z chudého média na bohaté a naopak. Tím se limituje ztráta schopnosti izolátů sporulovat a produkovat sekundární metabolity. Pro dlouhodobé udržení se všeobecně doporučují spíše chudá média, zatímco pro obnovení růstu se naopak používají bohatší média zvolená tak, aby co nejvíce odpovídala přirozenému stanovišti houby. Vedle základních chemikálií pro přípravu médií tak v naší laboratoři objevíte i přírodní suroviny jako slepičí peří, zaječí trus, listy banánovníku nebo dětské vlasy. Přes veškerou péči však kmeny v kultuře postupně degradují – ztrácejí schopnost vytvářet spory a produkovat sekundární metabolity, může docházet ke změnám na molekulární úrovni a nemalým rizikem je kontaminace kultur a jejich vysychání. Pro zachování vlastností kmene je tudíž vhodnější použít metody dlouhodobého udržování v inaktivním stavu.

### Uchování pod parafinovým olejem

Sterilním parafinovým olejem se buď napouštějí zátky zkumavek s kulturou na šikmém agaru, nebo se jím zalévají přímo samotné kultury. Vrstva oleje chrání kulturu před vysušením, kontaminací, oxidací



a celkově prodlužuje interval mezi přečkáváním až na několik let.

### Uchovávání ve sterilní vodě

Tento jednoduchý, ale účinný způsob je vhodný pro sporující kmeny. Spory či výřezy kolonií se umístí ve vialkách (skleněných lahvičkách s víčkem) nebo zkumavkách v malém množství sterilní destilované vody při pokojové teplotě. Délka přežití se liší druh od druhu, ale může dosáhnout 10 i více let.

### Vysoušení kultur na nosičích

Sušení je levná a snadná metoda vhodná především pro kmeny sporující nebo vytvářející klidová stadia. Kultury se obvykle suší na nosičích, na nichž se buď houba nechá vyrůst, nebo se s nimi smíchá až suspenze z kultury. Používá se silikagel, skleněné kuličky nebo půda. Sypká konzistence sušené kultury je výhodou při inokulaci větších ploch, např. během terénních experimentů. V chladničce v uzavřených lahvičkách může životaschopnost dosahovat 10 i více let.

### Alginátové pelety

Tento modifikovaný postup sušení kultur je vhodný rovněž pro nesporující kmeny. Suspenze spor se promíchá v roztoku alginátu sodného s práškem z otrub. Směs se pak kape do 10% roztoku chloridu vápenatého, přičemž dochází k tunutí alginátu v podobě kuliček (stejná reakce se využívá v molekulární kuchyni např. při výrobě okurkového kaviáru). Kuličky (pelety) se vysuší (obr. 2) a uloží v lednici. Podle našich zkušeností takto uchovávané mikromycety zůstanou životaschopné minimálně 7 let.

### Lyofilizace

Lyofilizace neboli sušení mrazem představuje tradiční metodu s širokým uplatněním mimo jiné v potravinářství, farmaceutickém a biotechnologickém průmyslu. Při nízkých teplotách a za nízkého tlaku dochází k efektivní sublimaci vody, tedy přechodu z pevné fáze přímo do plynné bez přechodu do kapalné. Tímto způsobem se nepoškodí buňky a pletiva si zachovávají svůj původní tvar.

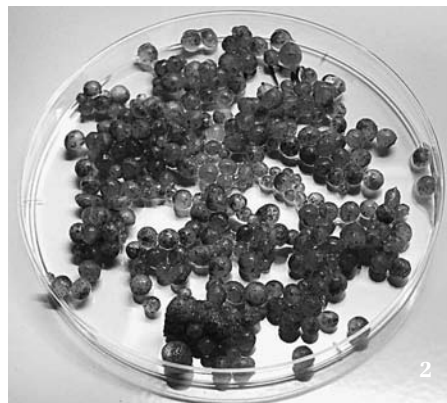
V mykologii se využívá již téměř 100 let a její obliba neklesla ani při rozvoji kryoprezervace (viz dále). Lyofilizace je vhodná pouze pro sporující kmeny, z nichž

1 Kultury na šikmém agaru. Vpravo *Flammulina velutipes* jako příklad stopkovýtusné houby (Basidiomycota) schopné tvořit plodnice i v kultuře

2 Alginátové pelety před vysušením. Tento způsob uchovávání mikromycetů je vhodný i pro nesporující kmeny.

3 Suspenze spor vysušené mrazem – lyofilizáty – zatavené ve zkumavkách. Blíže v textu. Snímky A. Kubátové

se připraví suspenze spor smíchaná se sušeným mlékem nebo jiným ochranným médiem (např. koňským sérem). Naplní se do zkumavek, ve kterých je po zmrazení a vysušení zatavena ve vakuu. Vyrobené ampulky (obr. 3) jsou skladné a lze je např. bez problémů posílat i poštou. Při vhodném uchovávání dosahuje životaschop-



nost kmenů běžně 20 a více let. Důkazem z naší sbírky může být životaschopný lyofilizát kroupidláku žlutého (*Aspergillus flavus*) starý 28 let.

### Kryoprezervace

Tento pojem má asi většina z nás spojený s mražením embryí a vajíček, případně spermií, pro umělé oplodnění. Nicméně kryoprezervace – tedy uchovávání při velmi nízké teplotě (nejčastěji v kapalném dusíku) – má použití i mimo medicínu. Jde o univerzální metodu zachování genových zdrojů živočichů a rostlin, např. mražením vzrostných vrcholů rostlin můžeme zachovat genofond zemědělských plodin nebo zachránit populace vymírajících druhů. V mykologii je kryoprezervace spolu s lyofilizací považována za nejlepší způsob dlouhodobého uchovávání kultur, neboť změny vlastností jsou při ní omezeny na minimum. Mrazit můžeme výřezy kolonií, suspenze spor, tekuté kultury či kolonie na perlitu. Inokulum se promíchá v kryozkumavkách s kryoprotektivní látkou (nejčastěji 10% roztokem glycerolu) a po zmrazení se přemístí do kapalného dusíku (-196 °C) nebo hlubokomrazicího boxu (-80 až -140 °C). Velkou předností je univerzálnost – s malými obměnami v procesu přípravy a mražení lze metodu použít pro většinu kmenů.

### Kontrolované mražení

Kritickým bodem při lyofilizaci a kryoprezervaci hub je mražení vzorků, kdy může docházet k poškození buněk ledovými krystaly. Toto riziko omezíme přidáním kryoprotektivních látek, které snižují dostupnost vody v buňkách a brání vzniku ledu uvnitř buněk. Podle způsobu ochrany je lze rozdělit na intracelulární (glycerol, dimetylsulfoxid), které vstupují do buňky a přímo brání vzniku ledových krystalů, a extracelulární, jež dovnitř nevstupují a chrání buňku vyrovnáváním osmotických tlaků (laktóza, glukóza, mannitol ad.). Tradičně je rozšířené používání sušeného mléka jako kryoprotektivní látky při lyofilizaci nebo glycerolu a dimetylsulfidu při kryoprezervaci. Nicméně výzkum těchto látek je na vzestupu a přináší stále nové a účinnější typy.

Přežití buněk ovlivňuje také způsob mražení. Všeobecně platí, že při rychlém zmrazení se vytvoří množství malých krystalů, zatímco při pomalém vzniká menší počet velkých krystalů. Kryoprezervace často zahrnuje vitifikaci neboli skokové zmrazení v kapalném dusíku či hlubokomrazicích boxech, při kterém voda nevytváří krystaly, ale amorfní led (Živa 2014, 5: 209–210). Další možností představuje řízené mražení, při němž se teplota pomalu snižuje rychlostí 1 °C za minutu, čímž docílíme tvorby ledu mimo buňky. Pro citlivé druhy je vhodné využít řízených mrazicích boxů a optimalizovat mrazicí proces „na míru“.

Metody dlouhodobého uchovávání lze doporučit při skladování kmenů déle než dva roky, přičemž je třeba dbát na výběr vhodné metody pro daný organismus na základě literatury a možností laboratoře.

Seznam použité literatury najdete na webové stránce Živa.

**aecium, aeciospory** – ložisko jarních spor (aeciospor), převážně pohárkovitý útvar vytvářející se pod epidermis vedlejšího hostitele; aeciospory – dvoujaderné spory infikující hlavního hostitele

**anamorfa** – nepohlavní stadium hub (hlavně vřeckovýtrusných) charakteristické produkcí nepohlavních spor (konidií) nebo absencí spor

**apotecium** – otevřená miskovitá nebo pohárkovitá plodnice hub vřeckovýtrusných s odkrytým hymeniem

**apresorium** – zduřený útvar na vrcholu klíční hyfy (vyrůstající ze spory) nebo na vegetativní hyfě, který slouží k přichycení na povrch hostitele; následně v místě kontaktu apresoria s povrchem dochází k proniknutí infekční hyfy do hostitele

**arbuskula** – bohatě větvená hyfa arbuskulárně mykorhizních hub uvnitř kořenové buňky hostitelské rostliny

**askoopikální aparát** – vrcholová struktura ve vřecku některých druhů vřeckovýtrusných hub; jeho tvar a (ne)barvitelnost v Melzerově činidlo (obsahuje jód) je důležitým taxonomickým znakem

**askoma** – plodnice vřeckovýtrusné houby

**askus, askospora** – vřecko (meiosporangium) charakteristické pro houby vřeckovýtrusné; nejčastěji vakovitého nebo protáhlého tvaru se sporami (meiosporami, askosporami), které vznikají po pohlavním procesu z jader jejich obalením cytoplazmou a několikavrstevnou buněčnou stěnou

**bazidie, bazidiospora** – buňka charakteristická pro houby stopkovýtrusné; po splnutí haploidních jader v ní dochází k meióze a následně zevně vytváří haploidní bazidiospory na stopce (sterigmatu)

**excipulum** – pletivo tvořící převážnou část apotecia pod hymeniem

**fialida, fialospora** – konidiogenní buňka u hub vřeckovýtrusných (hlavně řády Eurotiales a Helotiales) často lahvicovitého tvaru s charakteristickým límečkem (pozůstatek vnější vrstvy stěny) na vrcholu

**haustorium** – infekční hyfa (jednoduchá nebo větvená) pronikající do hostitele a sloužící k příjmu živin

**hymenium** – sporogenní vrstva buněk v plodnici; je tvořena vřečky (u hub vřeckovýtrusných) nebo bazidiemi (u hub stopkovovýtrusných)

**hymenofor** – pletivo nesoucí hymenium u hub stopkovovýtrusných; je charakteristický tvarem (lupenitý, rourkatý, ostnitý apod.)

**hysterotecium** – plodnice hub vřeckovýtrusných protáhlého tvaru otevírající se podélnou šterbinou

**chasmotecium** – kulovitá plodnice u padlí (Erysiphales, houby vřeckovýtrusné) otevírající se prasknutím stěny, často s přívěsky na povrchu

**kleistotecium** – kulovitá plodnice u vřeckovýtrusných hub (hlavně řády Eurotiales a Onygenales), často s přívěsky na povrchu

**konidiogenní buňka, konidie** – buňka, z níž nebo uvnitř které vznikají konidie (nepohlavní spory, mitospory)

**konidioma** – mnohohyální útvar (uzavřený nebo kompaktní) tvořený na anamorfe a obsahující konidiogenní buňky

**konidiofor** – jednoduchá nebo větvená hyfa nesoucí na vrcholu nebo vmezeřeně konidiogenní buňky

**parafýza** – podpurná hyfa ukotvená v hymeniu hub vřeckovýtrusných vyplňující prostor mezi vřečky

**peridiální hyfy** – hyfy tvořící obal plodnice u uzavřených plodnic (peritecium, kleistotecium apod.) hub vřeckovýtrusných a stopkovovýtrusných (gasteroidní plodnice)

**peridie** – vrstva buněk nebo několik vrstev pletiva obalující plodnici u uzavřených plodnic hub vřeckovýtrusných (peritecium, kleistotecium apod.) a hub stopkovovýtrusných (gasteroidní plodnice)

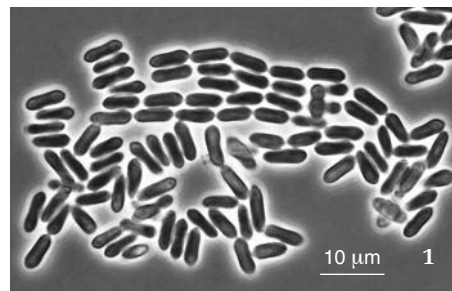
**peritecium** – plodnice u hub vřeckovýtrusných s vřečky obklopenými stěnou (peridií), často hruškovitého, lahvicovitého nebo kulovitého tvaru, obvykle s jedním otvorem na vrcholu (ostiolum)

**pyknida** – uzavřený typ konidiomatu kulovitého nebo hruškovitého tvaru s dutinou vyplněnou konidiogenními buňkami

**pilotecium** – plodnice hub stopkovovýtrusných členěná na třeň a klobouk (na jehož spodní straně je hymenofor)

**sklerocium** – mnohohyální útvar s tmavou pevnou stěnou sloužící jako zásobárna živin a pro překonání nepříznivých podmínek u některých hub vřeckovýtrusných a stopkovovýtrusných

**sporodochium** – kompaktní, polštářovité konidioma s vrstvou konidiogenních buněk na povrchu



1 Konidie *Metarhizium anisopliae* (masenkovitý – Hypocreales, vřeckovýtrusné – Ascomycota). Foto A. Kubátová

**stroma** – podpurná mnohohyální struktura nesoucí plodnice, častěji ale se zanořenými plodnicemi (peritecia) u hub vřeckovýtrusných

**subikulum** – plstnatá struktura z hyf porůstající substrát pod a mezi plodnicemi (apotecia, peritecia) u některých vřeckovýtrusných hub

**synnema** – útvar vzniklý srůstem svazku konidioforů nesoucí na vrcholu nebo po stranách konidiogenní buňky

**teleomorfa** – pohlavní stadium hub vřeckovýtrusných charakteristické produkcí pohlavních spor (meiospor, askospor)

**telium, teliospora** – shluk tlustostěnných dvoujaderných spor (teliospor) u některých hub stopkovovýtrusných; přecházejí nepříznivé podmínky a dochází v nich ke splnutí jader (karyogamie) a vzniku bazidie

**tomentum** – soubor hyf či chlupů vytvářejících hustý vlnitý porost na třeni nebo peridii některých plodnic hub stopkovovýtrusných

**unitunikátní, bitunikátní vřecko** – tvořené funkčně jednou nebo dvěma vrstvami (bez ohledu na skutečný počet vrstev); unitunikátní – vystřeluje askospory na vrcholu rovnou; bitunikátní – nejprve praská vnější stěna vřeka, smrskne se a vnitřní stěna se povysune a dojde k vystřelení askospor

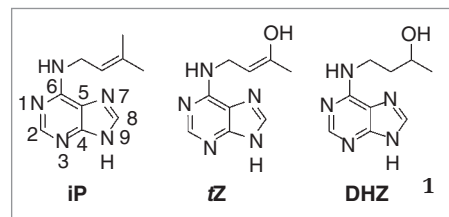
**uredium, urediospora** – kompaktní útvar u rzí (Pucciniales, houby stopkovovýtrusné) tvořený urediosporami (slouží k šíření infekce na hlavním hostiteli), zakládající se pod epidermis hostitele a prorážející ji ve zralosti; často oranžové barvy

**vezikula** – váček tvořený rozšířením hyfy u arbuskulárně mykorhizních hub mezi kořenovými buňkami hostitele; pravděpodobně má zásobní funkci

Připravil O. Koukol

Použitá literatura je na webu Živy.

## Oprava



V článku K. Doležala a M. Strnada Cytokiny – regulátory růstu rostlin (Živa 2017, 4: 149–152) jsme v obr. 1 chybně vyznačili v dosazbě číslování atomů u cytokininové báze iP. Zde uvádíme správnou verzi. Autorům a čtenářům se omlouváme.

## Kontaktní údaje pro předplatitele

SEND Předplatné, s. r. o.  
Ve Žlábku 1800/77, hala A3  
193 00 Praha 9

tel.: 225 985 235  
fax: 225 341 425  
sms: 605 202 115  
e-mail: send@send.cz  
www.send.cz

Živa 5/2017

S ročním (294 Kč) i dvouletým (568 Kč) předplatným tištěné Živy můžete také zakoupit elektronickou verzi – celý časopis ve formátu pdf ke stažení na webu Živy. Cena: 354 Kč/rok; 688 Kč/dva roky.

Pro přístup k elektronické verzi je třeba dodat svou e-mailovou adresu distribuční firmě (viz výše) na kontakt: zaneta@send.cz.

## Barbora Mieslerová, Michaela Sedlářová, Aleš Lebeda: Houby a houbám podobné organismy v biotechnologiích

Houby a houbám podobné organismy jsou zajímavou a různorodou skupinou, zahrnující jednobuněčné, okem neviditelné zástupce, ale i mnohobuněčné vláknité formy, jež tvoří makroskopické plodnice. Právě růst plodnic hub, které mohou mít nápadný tvar a barvu a také rozmanité vlastnosti, byl v minulosti spojován s nadpřirozenými jevy (např. působením čarodějnic a skřítků nebo s úderem blesku) a otravy po požití jedovatých druhů vyvolávaly strach. I když dosud známe jen zlomek diverzity houbových organismů, hrály v historii lidstva významnou úlohu. Jednak se stávaly součástí pokrmů, ačkoli jejich konzumace vyžadovala jistou obezřetnost, ale šlo i o nevědomé využívání kvasinek k výrobě alkoholických nápojů, piva a vína, jehož historie sahá dokonce až do 7. tisíciletí př. n. l. Houby měly význam i v historii starých civilizací v Mexiku a Guatemale, kde se jejich účinky, včetně halucinogenního působení (např. lysohlávka *Psilocybe cubensis*), uplatňovaly v mytologii a náboženských obřadech.

S rozvojem vědeckého poznání, zejména pak v 19. a 20. stol., se postupně ustupovalo od mytických aspektů a přecházelo k cílenému využívání hub ve prospěch člověka. Byl hlouběji poznáván negativní vliv některých druhů nejen na lidský organismus (houbové choroby, mykotoxiny, alergeny, otravy), ale i na některé činnosti spojené především se zemědělstvím (choroby rostlin a zvířat). Ukazovalo se však, že využití hub má stále větší význam, v současnosti jsou jednotlivé oblasti (např. potravinářství, lékařství, zemědělství nebo různá průmyslová odvětví) reprezentovány vysoce specializovanými obory.

Předkládaná kniha se stala v České republice ojedinělým počinem, jelikož se zaměřuje právě na aspekty praktického využití jak mikroskopických, tak i makroskopických hub v biotechnologiích v různých oblastech činnosti člověka. Dosud na

našem trhu chybělo dílo, které by kombinovalo biologii hub a jejich biotechnologické a průmyslové použití v jeden kompaktní celek. Kniha má 13 kapitol. Po stručném úvodu začíná definicí biotechnologie a krátkým vhladem do historie biotechnologií i výčtem hlavních oblastí jejich uplatnění v současnosti. Následuje kapitola, jejímž cílem je hlouběji seznámit čtenáře s houbami a houbám podobnými organismy z hlediska morfologie, nejnovější taxonomie, ekologie, genetiky, a to s příklady biotechnologicky významných druhů.

Poté se tři části zaměřují na jediný organismus, kterým je kvasinka (rod *Saccharomyces*), v několika specializovaných oborech – v pivovarnictví, vinařství, lihovarnictví a při výrobě dalších méně známých alkoholických nápojů. Každá stať se dotýká i historického přesahu využití těchto biotechnologií v dějinách lidstva a naší současné civilizace; kromě toho podrobně popisuje technologické postupy vedoucí k výrobě alkoholických nápojů oblíbených v našich zemích, tedy piva, vína a lihovin.

Další kapitola se zabývá zapojením houbových mikroorganismů při výrobě potravin. Zde se čtenář seznámí nejen s výrobou sýrů, pekařského droždí, ale i dalších speciálních potravin, např. sójové omáčky, sójového tempehu nebo kombuchy. Navazuje část o produkci jedlých hub k přímé konzumaci. Zde autoři uvádějí různé způsoby pěstování nejběžnějších hub, jako jsou žampiony, hlívy, houževnatce aj., jež se liší ekologickými nároky.

Následují kapitoly o využití hub v lékařství. Kromě nejznámější produkce antibiotik vláknitými houbami autoři zmiňují také produkci protinádorových, imunostimulačních a imunosupresivních látek či tolik diskutovaných statinů. Méně známá je tvorba organických látek, např. kyseliny citronové, různých enzymů nebo vitamínů. Zemědělství představuje další oblast,

kde houbové organismy slouží jednak k biologické ochraně proti jiným patogenním organismům, ale také např. pro zlepšení půdních vlastností i přímo k růstu rostlin (mykorrhiza).

Předposlední téma seznamuje s houbami a jejich biodegradčními schopnostmi, které mohou způsobovat nežádoucí biodeterioraci (poškození materiálu působením biologických činitelů, např. dřevokazné houby, houby na omítkách nebo na potravinách). Stejných vlastností lze však využít v ochraně životního prostředí pro odstranění a rozklad nežádoucích látek z prostředí (bioremediaci). Závěrečná kapitola se zabývá uplatněním houbových organismů v molekulární biologii a genovém inženýrství, kde největší pozornost upoutávají možnosti genové manipulace a produkce rekombinantních proteinů pomocí hub.

Text doprovází řada barevných fotografií, kniha je opatřena závěrečným rejstříkem a každá kapitola citátem, který se k jejímu tématu vztahuje. Dílo může sloužit jako zdroj poznání všem zájemcům o danou problematiku a věřím, že obohatí knihovnu nejen odborníků, ale i laické veřejnosti.

**Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc 2016, 200 str., cena 300 Kč. Lze objednat na [www.e-shop.upol.cz](http://www.e-shop.upol.cz)**

záběr a téměř na 200 stranách podává přehled o současném i historickém uplatnění hub a houbám podobných organismů v biotechnologiích zahrnujících potravinářství, farmacii, zemědělství, biodegradaci, papírenský i těžební průmysl a studium molekulární podstaty buněčných procesů.

Hlavní kapitoly mají podobnou strukturu – nejprve je stručně zmíněna historie v daném oboru, následují podkapitoly postupně rozebírající využití konkrétních hub, nebo představení produktů a organismů, které se účastní jeho produkce. Toto dělení je celkem intuitivní a umožňuje rychlou orientaci v textu. Má-li kniha postihnout takto rozsáhlou problematiku,

## Ještě k publikaci o biotechnologiích

Kniha, která shrnuje široké spektrum využití hub a organismů podobných houbám, vychází z autorského kolektivu katedry botaniky na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. Jde o mykologu fytopatologu, mimo jiné autory další publikace vydané v tomto roce (A. Lebeda a kol.: Padlí kulturních a planě rostou-

cích rostlin; recenze viz *Živa* 2017, 3: LXXXV). Bez nadsázky lze říci, že kniha nemá u nás obdoby a chyběla na našem trhu už několik desítek let od doby, kdy v 80. letech 20. stol. vyšlo několik publikací úžeji zaměřených na využití kvasinek, pěstování velkých hub a léčivé houby. Recenzovaná práce má velmi široký

navíc u nesmírně diverzifikované skupiny organismů, musejí být vybrány jen nejzákladnější informace. To se autorům podle mého názoru podařilo a každá kapitola působí uceleně a přehledně, zároveň v ní nic podstatného nechybí.

Postupy výroby, mechanismy produkce konkrétních látek, využití a účinek jsou popsány srozumitelně, ačkoli text vyžaduje od čtenáře základní orientaci v terminologii technických disciplín. Autoři také nezacházeli do detailů u popisu chemické podstaty syntetických procesů např. léčiv i jiných chemikálií (v knize nenajdeme jediný chemický vzorec), četba proto předpokládá základní znalosti z biochemie, nebo nutnost dohledat neznámé termíny v jiných zdrojích.

Kniha na první pohled zaujme pěknou grafickou podobou – různobarevné názvy kapitol, barevné odkazy na obrázky v textu, tučně zdůrazněná důležitá fakta, inovativně probarvený rejstřík (odlišené jednotlivé skupiny organismů). Tato „učebnicová“ forma sleduje jeden z cílů, který si dali sami autoři – aby se kniha stala studijní pomůckou. Cíl byl úspěšně splněn a vzhledem ke svému přesahu přes několik přírodovědných a technologických oborů představuje základní literaturu pro studenty různých vysokých škol.

Nejsilnější stránkou publikace je bezesporu obrazový doprovod. Několik desítek obrázků a obrazových tabulí dokonale ilustruje jednotlivá témata. Čtenář „nahledne“ nejen do výrobních procesů, ale i do mikroskopu (včetně elektronového), a získá tak poměrně dobrou představu o jednotlivých procesech a zúčastněných organismech.

Abych nezůstal jen u chvály, musím zmínit několik aspektů, které bych změnil. V první řadě lze poznat, že kniha vznikla jako dílo několika autorů. Místy je patrný odlišný styl psaní, který ale tolik nevadí ve srovnání s různými verzemi textu popisujícího jeden fenomén. Např. o housenici čínské (*Ophiocordyceps sinensis*; mimochodem v textu a rejstříku se vyskytuje i v nesprávné variantě *O. chinensis*) se na str. 119 dozvíme, že houba vytvoří z mumifikované skořápky „nadzemní šedohnědé útvary (stromata) s plodničkami“, zatímco o několik stran dál čteme, že „ze sklerocia vyroste stopkaté stroma s peritecií a askosporami“ (str. 144). Co textu překvapivě chybí, jsou vnitřní odkazy (vyskytují se jen výjimečně). Vzhledem k tomu, že i obecná kapitola 2 týkající se biologie hub a houbových organismů (mimochodem podkapitola 2.5 Příklady biotechnologicky významných hub je podle mého

názoru nadbytečná) bere jako příklady organismy zmiňované dál v textu, čtenáře by odkazy ihned navedly na relevantní pasáže. Takto se např. nejprve dozvíme, že štětičkovec (*Penicillium*) je zástupcem vřekovýtusných hub rozkládající organický materiál (str. 22), působící občas jako fakultativně nekrotrofní patogen (na str. 24), v kapitole 8.1.2.1 věnované pouze tomuto rodu je charakterizován jako „půdní saprotrof podílející se na kolonizaci a mineralizaci rozmanitých organických materiálů“, a na jejím konci se dozvíme informace o biotechnologickém využití, které je ale detailně popisováno i v téže a předchozích kapitolách. Nesourodé je rovněž taxonomické zařazení probíraných rodů, někdy pouze na úroveň oddělení (tučně v textu, jindy v závorce za jménem), jinde se zařazením do řádu nebo se staršími synonymy. Zjednodušený systém hub se zařazením zmiňovaných druhů by názorně ukázal na jejich fylogenetickou příbuznost.

I přes tyto spíše formální nedostatky musím knihu doporučit všem, kteří se chtějí dozvědět více o těchto tajuplných organismech, jejich širokém využití člověkem v současnosti a také o potenciálních aplikacích v budoucnu.

## Kontaktní adresy autorů

### **Ivana Borovičková**

Katedra botaniky PřF UK  
Benátská 2  
128 01 Praha 2  
e: kelnaroi@natur.cuni.cz

### **Anna Černá**

Ústav pro jazyk český AV ČR, v. v. i.  
Letenská 4  
118 51 Praha 1  
e: cerna@ujc.cas.cz

### **Adéla Čmoková**

Katedra botaniky PřF UK  
Benátská 2  
128 01 Praha 2  
e: adela.cmokova@natur.cuni.cz

### **Lukáš Janošík**

Katedra botaniky PřF UK  
Benátská 2  
128 01 Praha 2  
e: janosiklu@natur.cuni.cz

### **Martina Janoušková**

Botanický ústav AV ČR, v. v. i.  
Zámek 1  
252 43 Průhonice  
e: martina.janouskova@ibot.cas.cz

### **Miroslav Kolařík**

Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i.  
Vídeňská 1083  
142 20 Praha 4  
e: mkolarik@biomed.cas.cz

### **Tereza Konvalinková**

Katedra experiment. biologie rostlin PřF UK  
Viničná 5  
128 44 Praha 2  
e: konvalinkova@biomed.cas.cz

### **Barbora Koudelková**

Gymnázium Karla Sladkovského  
Sladkovského nám. 8/900  
130 00 Praha 3  
e: koudelkova.barbora@gykas.cz

### **Ondřej Koukol**

Katedra botaniky PřF UK  
Benátská 2  
128 01 Praha 2  
e: ondrej.koukol@natur.cuni.cz

### **Eva Křístková**

Katedra botaniky PřF UP  
Šlechtitelů 27  
783 71 Olomouc-Holice  
e: eva.kristkova@upol.cz

### **Alena Kubátová**

Katedra botaniky PřF UK  
Benátská 2  
128 01 Praha 2  
e: alena.kubatova@natur.cuni.cz

### **Pavčina Lysková**

Zdravotní ústav, Oddělení parazitologie,  
mykologie, mykobakteriologie  
Sokolovská 60  
186 00 Praha 8  
e: pavlina.lyskova@zuusti.cz

### **Alena Nováková**

Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i.  
Vídeňská 1083  
142 20 Praha 4  
e: alena.novakova@biomed.cas.cz

### **Vladimír Ostrý**

Státní zdravotní ústav  
Centrum zdraví, výživy a potravin  
Palackého 3a

612 42 Brno  
e: ostry@chpr.szu.cz

### **Dagmar Palovčíková**

Ústav ochrany lesů a mysliv. FLD MENDELU  
Zemědělská 3  
613 00 Brno  
e: palovcik@mendelu.cz

### **Kamila Píchová**

Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i.  
Vídeňská 1083  
142 20 Praha 4  
e: kamila.pesicova@biomed.cas.cz

### **Karel Prášil**

Katedra botaniky PřF UK  
Benátská 2  
128 01 Praha 2  
e: karel.prasil@natur.cuni.cz

### **Michaela Sedlářová**

Katedra botaniky PřF UP  
Šlechtitelů 27  
783 71 Olomouc-Holice  
e: michaela.sedlarova@upol.cz

### **František Sklenář**

Katedra botaniky PřF UK  
Benátská 2  
128 01 Praha 2  
e: sklenarf@natur.cuni.cz

### **Markéta Šandová**

Národní muzeum, Mykologické oddělení  
Cirkusová 1740  
193 00 Praha 9  
e: marketa\_sandova@nm.cz

### **Jiří Vávra**

Katedra parazitologie PřF UK  
Viničná 7  
128 44 Praha 2  
e: jiri.vavra@natur.cuni.cz

### **Tereza Veselská**

Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i.  
Vídeňská 1083  
142 20 Praha 4  
e: tereza.veselska@biomed.cas.cz

## Summary

### **Koukol O.: On Fungal Origins**

The origins of fungi are still shrouded in mystery, above all because of the absence of fossils. However, substantial progress in dating has been achieved, based on the molecular clock together with calibration of clearly interpreted fossils. This approach facilitates relatively precise dating of the most important historical events.

### **Veselská T.: Evolution of Fungal Genomes Based on Their Ecology**

Most fungi are saprotrophs living on decaying organic materials. From time to time they change their ecology and enter into some kind of narrow symbiosis with other organisms. More and more comparative genome studies are emerging these days dealing with fungi with diverse life strategies, which present revealing trends, amongst other things, linked with a symbiotic, parasitic or mutualistic way of life. Some of these are introduced in the paper.

### **Šandová M.: Hairs, Setae and Appendages**

Fruiting bodies of Ascomycota often bear hairs on their surface. The hairs are one-celled or septate sterile elements. They may be pointed, cylindrical, clavate or capitate, straight, curved, forked, smooth or with structured surface, thin- or thickwalled, with or without apical crystals. Setae are generally non-forked, pointed, stiff and dark. Hairs and setae have protective function, while the function of appendages in powdery mildews and Onygenales is to attach.

### **Sklenář F.: Life on the Edge: Extremophilic Fungi**

Planet Earth contains a wide variety of environments with extreme conditions incompatible with the life of a human organism (extreme temperatures, extreme values of pH, high pressure etc.). The presence of bacteria in these environments has been known for some time, but recently it has turned out that many extreme biotopes are also inhabited or even dominated by fungi. There is a growing interest in these extremophilic fungi, because of the efforts to understand the mechanisms of adaptations to extreme conditions and their possible application in industrial biotechnology.

### **Nováková A.: The Mycobiota of Underground Spaces**

Caves, underground tunnels and abandoned mines belong to extreme environments, they are characterised by the absence of light and seasonal and day/night rhythms. Nevertheless, stable temperature and the humidity of underground space are advantageous for a broad spectrum of fungi. These utilize plant and animal deposits, and their colonies or fruiting bodies are visible mainly on decaying plant material, as well as on deposited animal excreta and cadavers, but also on various residues left by visitors. Specific mycobiota, not visible at first sight, occur in air, sediments, moon-milk etc.

### **Nováková A.: Soil Fungi**

Several ecological groups of fungi including microscopic fungi occur in soils. These fungi are a very important component of soil microbiota and together with bacteria participate in the decomposition of dead organic matter in soil environments. Species diversity and quantitative occurrence depend on soil type and physico-chemical conditions, as well as on interactions with other organisms.

### **Janošík L.: Moss as Food – Bryophilous Ascomycetes all around Us**

Genus *Octospora* is a highly diverse group of fungi, living in a close relationship with bryophytes. They can be found in different habitats from natural ecosystems to city centers. Most of them form small orange fruiting bodies connected to the rhizoids of the host with their hyphae. Molecular data suggest that the majority of these fungi are highly host-specific and numerous species are in fact complexes of multiple species.

### **Koukol O., Haňáčková Z.: Endophytes – Ubiquitous Colonizers of Plant Tissues**

Endophytic fungi are a very heterogeneous and species-rich group of fungi from various taxonomic groups, mostly belonging to Ascomycota. They share the ability to colonize plant tissues without any symptoms. Even after many years of intensive study, the diversity of these fungi, their effect on the host plant and their ability to produce bioactive compounds with potential use in medicine is surprising.

### **Kubátová A.: Culture Collection of Fungi (CCF) – Interesting Data**

General information on Culture Collection of Fungi (CCF) in Prague are presented, together with several curious and interesting fungi maintained at the CCF. These include, for example, a nematophagous species *Esteya vermicola*, a fungicolous *Cryptococcus depauperatus*, and opportunistic human pathogen *Talaromyces marneffeii*.

### **Konvalinková T.: Symbiosis Wherever You Look: Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Their Coexistence with Plants**

Arbuscular mycorrhiza is a widespread symbiosis between microscopic fungi and plant roots. It consists in a bidirectional exchange of matter – fungi supply plants with mineral nutrients (mainly phosphorus) gained from soil, and receive organic compounds in return. Is the symbiosis beneficial for both partners? Are the plants and fungi selective about their partners? This paper focuses on the ecophysiological aspects of arbuscular mycorrhiza.

### **Janoušková M.: Arbuscular Mycorrhiza in Agriculture**

Despite the low numbers of arbuscular mycorrhizal fungi in arable soils, the inoculation of crops which form this type of mycorrhiza is not a universal tool to increase their yields. This is mainly due to the conditions of intensive agricultural systems, unfavourable to mycorrhiza formation. Mycorrhiza can therefore play a major role, particularly in more sustainable agricultural systems.

### **Sedlářová M.: Mycoses of Plants (not only in the Canary Islands)**

Pathogenic fungi associated with plants are a challenging group of organisms, especially those biotrophic ones which co-evolve with their hosts. The author provides

examples of the fungal diseases of plants in the Canary Islands.

### **Palovčíková D.: The Fungal Diseases of Conifer Assimilatory Organs in the Czech Republic**

The diseases of conifer assimilatory organs contain needle casts, pathogens of shoot dieback and rusts. This article describes a spectrum of common species occurring in the Czech Republic. Pines (*Pinus*) and Douglas-firs (*Pseudotsuga*) are among the most frequent host trees. The determination is drawn up on the basis of host tree species and typical symptoms, where the microscopy of its morphological structures, fruiting bodies and spores is the most significant factor.

### **Kubátová A.: Entomopathogenic Fungi – an Unequal Duel**

Entomopathogenic fungi are a very diversified group with the largest number of representatives in Microsporidomycota, Zoopagomycota and Ascomycota. Various mechanisms of infection and life cycles are known. Some examples of these fungi from the Czech Republic are presented.

### **Lysková P.: Invasive Mycotic Infections Caused by Opportunistic Fibrous Fungi**

The article deals with opportunistic fungal infections caused by hyphomycetes. It discusses risk factors in patients, the most common fungi causing infections, the most common types of invasive infections, and the ways to diagnose and treat these infections. Invasive infections caused by opportunistic fungi are usually associated with high mortality.

### **Vávra J.: Microsporidia: Fungi, which Do not Look like Classic Fungi, or Perhaps Sisters of the Fungus Kingdom?**

Microsporidia (Microsporidomycota) is a monophyletic group of protists that live as obligatory intracellular parasites of animals. They are presently believed to belong to Opisthosporidia, a sister clade to fungi. Microsporidia are intimately adapted to parasitism – their genomes are reduced, they draw all nutrients and energy in the form of ATP from the host cell, deeply influence the host cell, its life, volume and apoptosis. The most common hosts are arthropods, but many microsporidia infect fish. Warm blooded animals (including humans) can also serve as hosts; however, in healthy hosts, the infection usually passes undetected.

### **Čmoková A.: Unvisible Mysteries of Our Domestic Pets, or Fungal Skin Diseases Carried by Animals**

Dermatophytoses are common inflammatory cutaneous diseases of humans and other vertebrates caused by a group of fungi called dermatophytes. These pathogens often specialize in a particular group of animals including humans. Specialized species form inconspicuous, long-standing infections among their major hosts (e.g. guinea pigs, cats or rabbits), but they form highly inflammatory infections among accidental hosts (e.g. humans).

**Píchová K.: Known and Unknown Ergot**  
The Ergot (*Claviceps*) is an ascomycetous genus comprising important producers of alkaloids which are toxic for animals and humans. In the most famous species *C. purpurea*, four cryptic species have recently been identified.