

značně obtížné mluvit o druzích, ale pokud linii SARS-CoV šířící se v lidské populaci označíme za samostatný druh, tak pravděpodobně vyhynul; obdobná linie viru se ovšem může vynořit z rezervoárových živočichů, kde tyto patogeny dlouhodobě přežívají a cirkulují. Podobným způsobem vyhynula v minulosti řada patogenů specializujících se až příliš úzce na hostitele.

Epidemie a pandemie – tyto termíny jsou často chápány obecně, bez ohledu na hostitele, byť by měly být vyhrazeny pouze lidským onemocněním; u zvířat mluvíme o epizootiích a u rostlin o epifytiích – v některých případech mohou vést k lokálnímu či globálnímu vyhynutí všech vhodných hostitelů, což způsobí i vyhynutí jejich specializovaných patogenů. Dokonce pouhé drastické snížení počtu hostitelů může vést k zániku jejich patogenů, ačkoli samotný hostitel tuto apokalypsu třeba přežije. Některé z popisovaných velkých epidemií, jež postihly lidstvo v minulých staletích a tisíciletích, byly možná způsobeny patogeny, které následně vymizely. Díky analýze archaické DNA (aDNA) víme, že rozhodně některé z vysoce virulentních kmenů nám známých patogenů zodpovědných za hromadné hynutí našich předků již nejsou v současné době v lidské populaci přítomny. Je docela dobře možné, že časem objevíme i neznámé, již vyhynulé druhy lidských, případně i zvířecích patogenů.

Měli bychom zde rovněž zmínit, že se podařilo zcela vyhubit i jeden patogen zvířecí – původce moru skotu (*Morbillivirus*). Toto virové onemocnění bylo vysoce nakažlivé a dosahovalo smrtelnosti až 90 %. V zemích postižených morem skotu se pravidelně očkovalo živou atenuovanou (oslabenou) vakcínou. Léčba postižených



zvířat se neprováděla a jejich radikální likvidace byla pro majitele stád značně traumatická. Avšak díky této důsledné strategii prohlásila v říjnu 2010 Organizace pro výživu a zemědělství (FAO), že mor skotu je zcela vymýcen.

Doposud tedy máme dvě globálně vymýcená onemocnění, jedno lidské a jedno dobytčí, doprovázená extinkcí jejich virových původců. Je to hodně, nebo málo? Jako lidstvo v záměrném vyhlazování patogenů moc úspěšnější nejsme, na rozdíl od námi zaviněných extinkcí jiných druhů, ať již pro užitek (např. „blboun nejapný“ neboli dronte mauricijský, holub stěhovavý, různé druhy obřích želv a další, o nichž se blíže zmiňují jiné články tohoto čísla), nebo nechtěně (počet vyhubených druhů jde pravděpodobně do desítek tisíců).

2 Mor skotu v Jižní Africe v r. 1896. Původcem tohoto vysoce nakažlivého onemocnění byl *Morbillivirus*. Snímky převzaty z Wikimedia Commons, v souladu s podmínkami použití

Záměrné vyhubení patogenů se tedy jeví jako velmi zdoluhavý a složitý proces, i když v současnosti jsou mnohá infekční onemocnění a jejich původci oproti minulosti značně potlačeni a některé nemoci dokonce lokálně vymýceny. A tak můžeme hrdě konstatovat, že v řadě případů byla z uvedených tří E splněna první dvě, i když to poslední nás stále ještě čeká.

K dalšímu čtení např. Živa 2016, 3: LIII–LV; 2017, 1: XIV–XV; 2021, 2: XXXIII–XXXIX.

Ondřej Koukol

Vymírání mikroskopických hub?

Prohlásit některý druh houby za vyhynulý je ošemetné. Překvapivé nálezy plodnic druhů, které nebyly na určitém území nalezeny po několik desítek let, ukazují, že není vůbec snadné určit, kdy už můžeme některý z druhů takto označit. Z toho důvodu se v oficiálních dokumentech typu červený seznam nehovoří o vyhynulých druzích hub, ale používá se označení nezvěstné. O situaci u makromycetů (hub s velkými plodnicemi) pojednává samostatný článek (na str. 232–234), v tomto příspěvku se podíváme na mikroskopické houby, u kterých je situace ještě složitější. Tyto houby většinu života rostou skrytě v substrátu, a když už vytvářejí plodnice nebo jiné struktury se sporama, jsou mikroskopické – menší než 2 mm – čili obtížně naležitelné (některé jen zkušeným mykologem s terénní lupou) a určitelné podle morfologických znaků až pod mikroskopem, případně v kombinaci s molekulárními daty. Mají samozřejmě také své nároky na klimatické (či spíše mikroklimatické) podmínky prostředí a zdroje živin v sub-

strátu, soupeří (kompetují) s ostatními organismy, a tudíž mohou při velkých změnách z daného prostředí zcela vymizet. Máme o nich ale daleko méně záznamů pozorování než u makromycetů, takže můžeme o jejich vyhynutí hovořit spíše v obecné rovině.

Mezi nejpravděpodobnější příčiny patří vyhynutí rostlinného druhu (obdobně to může platit i pro živočichy), na který je určitý druh houby striktně vázaný jako mutualistický nebo parazitický symbiont. Totální likvidace dřívěšálu obecného (*Berberis vulgaris*) ve Velké Británii na počátku 20. století např. vedla k lokálnímu „vyhynutí“ rzi travní (resp. její formy *Puccinia graminis* f. *tritici*). V tomto případě ale šlo o cílenou snahu zbavit se parazitického druhu způsobujícího velké hospodářské škody na pšenici, který měl dřívěšál jako mezihostitele. I někteří saprotrofové rozkládající mrtvé části rostlin mohou být úzce specializováni, u většiny saprotrofů spíš můžeme považovat za ohrožující klimatické změny prostředí a úbytek specifických



1 Klíčící teliospory *Tilletia controversa*, původce zakrslé snětivosti pšenice. Druh proslul tím, že si udržuje klíčivost i několik desítek let. Foto V. Dumaslová

kých habitatů. V hospodářských lesích se např. prakticky nesetkáme s mrtvými, ale stojícími stromy starými desítky až stovky let. Přitom představují unikátní stanoviště pro druhy slabé kompetičně, zato odolné vůči extrémnímu prostředí (živinami chudé dřevo exponované slunci a rychle vysychající, obr. 2).

I u mikromycetů ale platí, že druh nelze považovat za vymřelý jen proto, že ho nemůžeme několik desítek let objevit. Např. u intenzivně studované voskovičky jasanové (*Hymenoscyphus fraxineus*) existovalo podezření, že kompetičně vytlačila příbuznou voskovičku bělavou (*H. albidus*) z lokalit v Dánsku (McKinney a kol. 2012). Oba druhy jsou saprotrofové kolonizující opadané řapíky jasanů (*Fraxinus* spp.). Voskovička jasanová je původní ve východní Asii, v bělavá v Evropě. Ale poté, co byla voskovička jasanová zavlečena do Evropy, kde způsobila odumírání evropských druhů jasanů (více v Živě 2014, 1: 7–10), to vypadalo, že způsobila i lokální vyhynutí voskovičky bělavé tím, že společný substrát osídlovala dřív (kolonizuje řapíky už na stromě) a rostla rychleji. Jak však ukázaly výzkumy, na kterých jsem měl možnost se podílet, voskovička bělavá byla v přírodě stále přítomná. Ačkoliv jsme nenašli ani při intenzivním hledání její plodnice (apotecia), zachytily se její askospory na lapačích spor, což znamená, že plodnice někde skrytě musely růst. V případě mikroskopických hub tak musíme počítat s tím, že nejen nedostatek záznamů, ale i riziko jejich přehlédnutí v terénu může dávat naději, že druhy považované za nezvěstné v prostředí stále nepozorovány přežívají. Nepostradatelným pomocníkem při jejich hledání jsou proto přístupy založené na molekulárních datech. Zjišťování přítomnosti na základě sekvencí určitých genů je totiž možné, aniž bychom danou houbu sebrali v terénu nebo izolovali ze substrátu do čisté kultury. Pouze odebíráme vzorky půdy, dřeva nebo jiného substrátu v přírodě vlastně „naslepo“, následně z nich extrahujeme celkovou DNA a v ní pak sledovanou houbu detekujeme (tzv. environmentální DNA).

Některé skupiny hub tolerujících klimatické extrémní (termo- a psychrotolerantní druhy) mohou přežívat i dlouhá období nepříznivých podmínek v metabolicky neaktivním stavu. Nejčastěji jde o různé typy spor, ale přežívat mohou i vícebuněčná sklerocia, případně vegetativní mycelium. Z ledovcových vrtů v Grónsku byly oživeny do kultury mikroskopické vřeckovýtusné houby (Ascomycota) z vrstev starých až 140 tisíc let (Ma a kol. 1999). V ledovcích, ale i trvale zmrzlé půdě, tak mohou zůstat životoschopné části hub i tisíce let poté, co na povrchu tyto druhy vyhynuly. Vzhledem ke globální změně klimatu však nepatří ledovce mezi perspektivní refugia. Naopak vysoké teploty a vysušení houbám moc nepřejí. Pokusy s klíčením spor různých druhů hub ze sušených kultur nebo z herbářových položek prokázaly, že ty nejodolnější přežijí životoschopně maximálně desítky let (Ainsworth a Sussman 2013; obr. 1).

Z výše uvedeného zamyšlení vyplývá, že s vymíráním mikroskopických hub to nakonec nemusí být až tak zlé. Může nás ukloubat vědomí, že houby jsou organismy veskrze odolné, které dokážou žít v širokém rozmezí podmínek, a hlavně stále ještě ani neznáme jejich skutečnou druhovou diverzitu. Metodicky nelze s jistotou potvrdit, že určitý druh houby opravdu z prostředí vymizel. Další výzkum využívající kromě tradičního sběru a izolace i molekulární data může ukázat, jak vysoká



2 Stojící kmen mrtvé borovice limby (*Pinus cembra*). Vysoké Tatry, Tichá dolina. Foto A. Polhorský

3 Vážení vysoce ceněných housenek napadených houbou housenicí čínskou (*Ophiocordyceps sinensis*). Čína (2009). Foto N. Biondi, Wikimedia Commons, v souladu s podmínkami použití

je houbová specifičnost substrátová, hostitelská a geografická a zda druhy považované za nezvěstné budeme schopni v přírodě detekovat jiným metodickým přístupem. Měl by směřovat i na to, abychom odpověděli na otázku, jestli ztrátou určitého druhu rostliny a živočicha nebo devastací prostředí nezvratně přicházíme také o konkrétní druhy hub na ně vázané. Potom bychom se mohli ocitnout v situaci jako ve vtipu o dvou výzkumnících zahleděných na čerstvě vykáčený kus deštného pralesa, z nichž jeden zamyšleně pronese: „Není to tak špatné, sice jsme prokazatelně způsobili vyhynutí jednoho druhu, ale tři nové jsme popsali pro vědu.“

V tuto chvíli by mohl příspěvek optimisticky skončit, ale existuje jedna smutná výjimka – druh, který je na pomyslné hranici mezi makro- a mikroskopickou houbou a dá se bohužel sledovat jeho vymírání doslova v přímém přenosu. Příčinou je, jak jinak, člověk a nejde ani tak o ničení přírodních stanovišť, jako o vysbírání. Vřeckovýtusná houba housenice čínská (*Ophiocordyceps sinensis*), jak její český název napovídá, napadá housenky nočních motýlů rodu *Thitarodes*, žijící v půdě a živící se

na kořenech rostlin (viz také Živa 2017, 5: 250–254; 2021, 4: 153–156). Housenku svým myceliem postupně proroste, zabubí a doslova mumifikuje. Po nějaké době vytvoří stroma – štíhlý, několik centimetrů dlouhý útvar, který vyrůstá nad povrch půdy a na vrcholku obsahuje drobné zanořené plodnice s vřecy a askosporami. Vystoupavé stroma uvolňující askospory je ideální pro jejich rozšíření na větší vzdálenost a na okolní travní vegetaci. Askospory totiž neinfikují housenky přímo, ale nejprve kolonizují rostliny jako endofyty. Bez jakýchkoli symptomů na rostlinách prorůstají jejich pletivy až do kořenů a housenky živící se kořeny pak samy pozřou svou budoucí zhoubu.

Housenice čínská roste jen ve vysokohorských polohách (udává se mezi 3 000 a 5 200 m n. m.), v půdě travnatých strání Tibetské náhorní plošiny, tedy na území autonomní oblasti Tibetu, Nepálu a Bhútánu. Tisíce let trvající evoluce této houby umožnila kolonizovat a využívat vysoce hodnotný zdroj živin, jakým housenky bezesporu jsou, v prostředí klimaticky drsném a živinami chudém, a přitom ho ubránit v kompetici s ostatními půdními (mikro)organismy. Daří se jí to díky produkci širokého spektra sekundárních metabolitů, které proti těmto organismům působí antagonisticky. Tato evoluční výhoda pro ni však znamená i zkázu, protože obsažené biologicky aktivní látky mají široké uplatnění v tradiční čínské medicíně. Vzhledem k neustále rostoucímu zájmu spotřebitelů nejen na čínských trzích poptávka po mumifikovaných housenkách dále roste. Pro místní obyvatele, většinou bývalé pastevce, ale i pro další sběrače, kteří se do oblastí výskytu housenice stěhují z dalekého okolí, představuje vidinu rychlého zbohatnutí. Celý den tráví shrbení a na kolenu nad nízkým travním porostem a pečlivě ho prohledávají, aby zachytili štíhlá stromata vyrůstající jen asi 2–3 cm nad povrch. Jen pro zajímavost, v r. 2018 se v Šanghaji prodával 1 kg mumifikovaných housenek průměrně za 50 tisíc amerických dolarů, což byla mimochodem skoro 1,5krát vyšší cena, než jakou mělo ve stejné době zlato! V současnosti se už naplno projevuje vysbírání, takže v místech, kde bylo před 10 lety možné najít za den až stovky napadených housenek, se jich nyní vyskytuje jen několik kusů (Liang 2018). Přitom stále roste počet lidí, kteří přicházejí za sběrem, a osud housenice se tak dostává do nebezpečné spirály – více sebraných stromat znamená méně rozšířených askospor, což znamená méně kolonizovaných rostlin a méně parazitovaných housenek, tedy i méně dalších stromat. Bez legislativního omezení sběru se z této spirály nebude možné dostat. Jistým řešením je umělá kultivace a infekce housenek, ale ta nenahradí auru „100% přírodního prostředí“, který mají mumifikované housenky sbírané v přírodě (obr. 3).

Jak je z uvedeného příkladu vidět, nejen rostliny nebo živočichové, ale i některé houby jsou ohroženy vyhubením kvůli cílenému zájmu člověka motivovaného poptávkou na trhu.

Seznam použité literatury uvádíme na webové stránce Živy.