

Soumrak obojživelníků

Nově se objevující infekční onemocnění – Emerging Infectious Diseases – jsou zodpovědná za historické, současné i budoucí pandemie, které zásadně mění populace, ba celá společenstva rostlin, živočichů i lidí (více také Živa 2010, 5: 241–244; 2018, 5: 285–288). Jde o nevyhnutelný a zároveň těžko řešitelný důsledek globalizace. S lidmi a živými i neživými komoditami po světě cestují i původci infekcí od prionů po mnohobuněčné organismy. Většina takových výletů vyzní naprázdno, najde-li infekční agens na novém místě vhodného hostitele, je většina infekcí benigní, nebo si s nimi noví hostitelé poradí. V extrémních případech však mohou tyto nezvaní hosté spustit kaskádu vymírání. Smutnými hrdiny probíhajícího extinkčního dramatu jsou obojživelníci. Globální úbytek obojživelníků dosahuje obřích proporcí a bývá často citován jako indicie, že světová biosféra prodělává šesté masové vymírání. Složitý životní cyklus vyžadující kvalitní vodní a suchozemská stanoviště činí obojživelníky citlivými na změny prostředí. Jsou proto pod velkým tlakem kvůli úbytku vhodných stanovišť, ale také šíření invazních druhů a v některých oblastech světa rovněž nadměrnému sběru a lovu. Objevující se infekční onemocnění však obojživelníky nemilosrdně decimují i v oblastech málo ovlivněných člověkem, nebo dokonce přísně chráněných a dobře spravovaných. Pandemie, jež v posledních 50 letech obojživelníky postihly, představují největší ztrátu biodiverzity vlivem infekčních onemocnění, které kdy bylo lidstvo svědkem.

Žabí trápení

Od 70. let 20. století docházelo v australském Queenslandu k masovým úhynům, kolapsu populací a vyhynutí některých druhů žab. Vysvětlující hypotézy zahrnovaly zvýšené ultrafialové záření kvůli oslabování ozónové vrstvy, klimatické faktory, narušení biotopů těžbou dřeva apod. Hromadné úhyny v různých oblastech měly několik společných rysů. Probíhaly extrémně rychle v horizontu několika měsíců, byly synchronní a postupovaly krajinou jako fronta. Umírali jen dospělci za typických klinických příznaků, pulci přežívali, ale metamorfované žabky umíraly také. Mízely druhy asociované s potoky, masovou mortalitu přitom neprovázely rozpoznatelné environmentální změny a zasaženy byly chráněné oblasti málo ovlivněné člověkem (obr. 1). Vše naznačovalo, že na vině může být vodou šířené infekční onemocnění vysoce virulentní pro dospělé některých druhů žab, které se dostalo do populací imunitně naivních hostitelů, jež s ním dříve nepřišly do styku. Až v r. 1998 byla prokázána souvislost mezi vymíráním žab a infekcí tehdy ještě vědě neznámou houbou chytridiomycetou (zástupce oddělení Chytridiomycota), která byla následně v r. 1999 vědecky popsána jako *Batrachochytrium dendrobatidis* (dále zkráceně Bd), a onemocnění, které způsobuje, bylo nazváno chytridiomykóza.

Hostitele infikují bičíkaté zoospory aktivně plavající vodním prostředím a orientující se chemotakticky. Po kontaktu vytvoří nepohyblivé stadium – cystu a následně penetrují do kůže, kde vznikají zoosporan-



1 In memoriam. Australské tlamorodky rodu *Rheobatrachus* byly unikátní larválním vývojem v žaludcích samic, což se podařilo vyfotografovat pouze jednou u tlamorodky zázračné (*R. silus*), naposledy pozorované v r. 1981. Ikonické obrázky samičky s mládětem v ústech obletěly svět. Všichni známí zástupci rodu vyhynuli kvůli šíření chytridiomykózy. Foto M. J. Tyler (1937–2020)

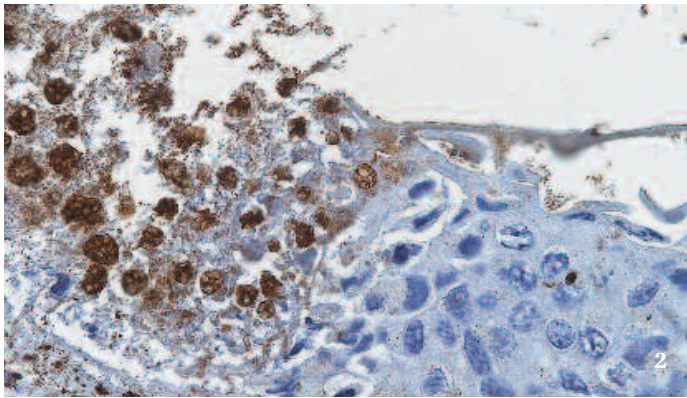
gia, která produkují nové zoospory uvolňované do prostředí. Pohlavní rozmnožování a vznik odolných stadií nebylo u Bd nikdy zaznamenáno, ale na základě přítomnosti geneticky hybridních linií se předpokládá, že k němu může docházet

(na možnost odolných stadií poukazují Rosa a kol. 2007). Onemocnění chytridiomykózou postihuje svrchní vrstvu pokožky obsahující keratin, i když přímo keratinem se Bd neživí. Postižená kůže ztrácí dýchací, osmoregulační, hydratační a termoregulační funkce. U velmi citlivých druhů dochází po nakažení k rychlé mortalitě, bez dalších výrazných příznaků. Pokud se klinické příznaky projeví, zahrnují nadměrné svlékání pokožky a její hromadění na těle, letargii, vyblednutí zbarvení, nechutenství, sezení na exponovaných místech za denního světla a atypické držení těla. Někdy se vyskytují i kožní vřídky a zarudnutí kůže na břišní straně těla. Klinické příznaky se objevují 12–15 dní po infekci a smrt nastává během několika dní po objevení příznaků. Teplotní optimum pro růst Bd je 17–25 °C (zimou v mírném pásu pravděpodobně přežívá na zimujících obojživelnících, takže nepomrznou), vyšší teploty mohou vést ke spontánnímu zániku infekce. To částečně vysvětluje, proč první vlny šíření nejvíce postihly druhy obývající (sub)tropické horské oblasti např. v Austrálii nebo v Jižní a Střední Americe. Tato houba je velmi dynamicky se měnící organismus (v laboratorních podmínkách byly pozorovány změny počtu chromozomů v řádu měsíců; Refsnider a kol. 2015) a rychle se adaptuje na nové podmínky, takže se v současnosti vyskytuje i v oblastech mimo své teplotní optimum na všech kontinentech obývaných žabami.

Mločí mor

Ani ocasatí obojživelníci nezůstali dlouho pozadu. Pouze jedno desetiletí je u mloků známa chytridiomyceta *B. salamandrivorans* (Bsal) popsána r. 2010 z Nizozemska, kde mlok skvrnitý (*Salamandra salamandra*) následně prakticky vyhynul a v zemi tulipánů po něm zůstala jen záložní kolonie v laboratorním chovu (ale viz dále). Retrospektivní vyšetření vzorků hromadně uhynulých mloků ze západoněmeckého pohoří Eifel prokázala, že zde proběhla epidemie Bsal již v r. 2004, nebyla však vědecky podchycena.

Bsal je sesterským druhem Bd, se kterým si nezadá, pokud jde o dopad na populace hostitelů. Experimentálně byla ověřena infekčnost a patogenita Bsal pro řadu taxonů mloků a čolků Starého i Nového světa. Tento požirač mloků, jak zní druhové vědecké jméno Bsal, tak představuje vážné ohrožení prakticky pro celou diverzitu ocasatých obojživelníků západního palearktu a nearktické oblasti. (Nabízí se české pojmenování chytrida mlokožravá, pro Bd pak chytrida žabí.) Podobně jako u Bd platí, že některé taxony hostitelů (čolci) jsou odolnější a slouží jako rezervoáry. Na rozdíl od Bd vede infekce Bsal u mloků k narušení mechanické integrity kůže a klinické příznaky tak zahrnují drobné, zpravidla početné léze a ulcerace (poškození tkáně a vrstvy) různého rozsahu až do formy velkých otevřených ran (obr. 2 a 3). Mezi další, spíše méně nápadné kožní změny patří potíže se svlékáním, někdy onemocnění u mloků probíhá bez vnějších příznaků. Kvůli vzniku otevřených lézí jsou často sekundární bakteriální infekce, které zřejmě přispívají



k závažnosti onemocnění. K úhynu může dojít během pouhých dvou týdnů od kontaktu hostitele s Bsal. Šíření v rámci populací mloků by mohla hypoteticky napomáhat jejich známá tendence hibernovat hromadně v podzemních prostorách, kde může rovněž nepozorovaně docházet k masovému úhynům. Bsal navíc vytváří kromě bičíkatých spor také spory encystované, které se vznášejí k hladině a patrně představují rezistentní dormantní stadium schopné dálkového šíření vodními toky, s pomocí člověka (např. na automobilech, na obuvi, rybářském vybavení), teoreticky i prostřednictvím vodních ptáků a jiných živočichů.

Některé taxony čolků jsou zřejmě rezistentní, u čolka horského (*Ichthyosaura alpestris*) bylo zdokumentováno spontánní vyléčení. Spolu s žábami, u nichž může Bsal asymptomaticky přežívat, tak čolci představují potenciální rezervoáry a přenašeče. Obecně není patogenita Bsal pro ně objasněna, prozatímni poznatky však naznačují vysokou patogenitu pro čolka velkého (*Triturus cristatus*) a totéž lze očekávat u dalších zástupců velkých čolků rodu *Triturus*. Menší druhy čolků (např. čolek obecný, hranatý a horský) jsou, jak se zdá, odolnější. Dosud byl výskyt Bsal v přírodě zjištěn na trojmezí Německa (pohoří Eifel), Nizozemska a Belgie (Ardeny) a ve Španělsku. V Německu byly u mloků i čolků opakovaně zjištěny koinfekce Bd a Bsal.

Příběh bohužel pokračuje za našimi hranicemi. V r. 2020 byl výskyt Bsal potvrzen hned na dvou místech v sousedním Bavorsku. V obou případech šlo o vícečetné nálezy mrtvých zvířat, čolků horských u zahradního jezírka v Memmingenu, a mloků skvrnitých v přírodním parku Steigerwald. První lokalita se nachází v podhůří Bavorských Alp 250 km od našeho území, druhá necelých 150 km od hranic v severním Bavorsku. Dřívější modely invaze předpokládaly, že Bsal dosáhne střední Evropy v horizontu vyšších desítek let, ve skutečnosti stačilo pouhých 16 let. Tato chytridiomyceta dlouhodobě přežívá v půdě a zjevně se šíří na vzdálená místa, takže u nás lze výskyt očekávat prakticky kdykoli. Nelze vyloučit, že Bsal již zde je, jen dosud nebyla přes vynakládané úsilí zjištěna. Bohužel spíše dřívě než později se dozvíme, zda Bsal dokáže kolonizovat i horské a alpské zóny Alp, kde by mohla ohrožovat endemické (pod)druhy mloků a následně se šířit dál do center diversity a endemismu ocasatých obojživelníků na jihoevropských poloostrovech. Doslova apokalypsu by mohlo způsobit zavlečení

Bsal do Ameriky, která hostí většinu globální diversity těchto živočichů.

Kde se vzaly

Studie populační genetiky naznačují původ obou chytridiomycet ve východní (Bd – Korejský poloostrov) a jihovýchodní Asii (Bsal patrně pochází z Indočíny). Do celého světa se nejspíš rozšířily prostřednictvím globálního obchodu se zvířaty (opomenout nelze např. ani obchod se skokany za účelem konzumace masa). V případě Bd existuje teorie, že jejímu šíření napomohl čilý obchod s žábami drápatkami vodními (*Xenopus laevis*), které byly ve 30. až 60. letech 20. století obchodovány napříč světem jako živé těhotenské testy. (Samice drápatek po injekci moči těhotných žen spontánně kladou vajíčka.) Nejdříve byly drápatky exportovány z Jižní Afriky, kde se na základě vyšetření drápatek z muzejních kolekcí prokázala přítomnost Bd minimálně od r. 1938. Drápatky jsou k chytridiomykóze rezistentní a představují tedy ideální přenašeče. Zda se Bd skutečně rozléta do světa s drápatkami, ani kdy a jak se dostala z Asie do Afriky, se možná nikdy nedozvíme. Kulminace šíření chytridiomykózy v 70. až 90. letech 20. století časově koreluje také s bezprecedentním rozvojem mezinárodního obchodu se zvířaty ze zájmových chovů. Dodnes byly Bd i Bsal zjištěny v řadě soukromých chovů obojživelníků (v případě Bd i v České republice), které tak představují riziko pro volně žijící populace.

Hromadné úhyny pulců

Larvální stadia žab, pulců, nemají v kůži keratin a chytridiomykóza u nich typicky nevede k mortalitě. Roku 1999 však byl v New Hampshire (USA) poprvé zaznamenán masový úhyn pulců. Vyšetření pulci nebyli infikováni Bd, vykazovali však závažné patologické změny jater, jež byla abnormálně zvětšená a nezvykle světle žlutavě zbarvená. Důvodem byla zřejmě infekce do té doby neznámým prvokem, jehož molekulární analýzy zařadily do skupiny Perkinsea, zahrnující jinak protista parazitující např. u mořských měkkýšů. Od té doby byla zdokumentována řada masových úhynů pulců spojená s infekcemi perkinsidních protist napříč USA od Aljašky po Floridu. Vlna badatelského zájmu o nově rozpoznané infekční agens podezřelý z masových úhynů dosáhla až na Starý kontinent. Britsko-český tým vedený Thomasem Richardsem odhalil překvapivou skutečnost. Perkinsidní protista byla u klinicky zdravých pulců detekována

2 a 3 Klinickým příznakem chytridiomykózy je u mloka skvrnitého (*Salamandra salamandra*) typické zvředovatění pokožky. Na imunohistochemicky barveném řezu pokožkou je vlevo eroze vyplněná okrouhlými tmavými sporangii *Batrachochytrium salamandrivorans* a zbytky odumřelé tkáně, vpravo zdravý epitel (obr. 2). Okrouhlé vřidky jsou dobře patrné ve žlutých skvrnách (3).

Foto F. Pasmans

4 Žáby vyhynulé nebo pravděpodobně vyhynulé vlivem chytridiomykózy zahrnují přes 90 druhů hlavně z teplotní až tropické východní Austrálie a ze Střední Ameriky. Paropucha ostrovní (*Taudactylus acutirostris*) bývala v podrostu deštných lesů Queenslandu všudypřítomná. V letech 1994–97 bylo zaslechnuto volání tří posledních samečků, poté zavládlo ticho.

Foto M. Cohen

5 Rosnička Rabbova (*Ecnomiohyla rabborum*), endemit horských mlžných lesů oblasti El Valle de Antón v Panamě. Objevena r. 2005, vědecky popsána 2008, brzy nato nezvěstná a klasifikována jako kriticky ohrožená. Snahy o záchranný chov selhaly, poslední jedinec v zajetí uhynul v r. 2016. Foto B. Gratwicke

6 a 7 Listovnice lemuří (*Agalychnis lemur*, obr. 6) z Kostariky až Kolumbie, přežívající už asi jen na dvou místech v Kostarice, a vakorosnička rohatá (*Gastrotheca cornuta*, 7) z Kostariky až Ekvádoru, na většině míst nyní nezvěstná. Chytridiomykóza nejdříve těžce zasáhla terestrické a podrostové druhy žijící u potoků, následně způsobila katastrofické populační propady (více než 90%) a regionální extinkce i u druhů stromových, které vodní stanoviště nenavštěvují ani v době rozmnožování. Foto B. Gratwicke

8 Čeleď vodnicovití (Telmatobiidae) představuje evoluční radiaci vázanou na andské centrum biodiverzity a endemismu. Od 90. let 20. století je dokumentováno mizení těchto unikátních žab vlivem chytridiomykózy. Z 63 popsaných druhů rodu *Telmatobius* prodělává nejméně 38 prokazatelný úbytek (60%), 17 druhů je považováno za recentně vyhynulé (27%), populace dalších pěti dosud přežívajících druhů se propadly o více než 90%, u 17 klesají méně výrazně, u ostatních spíše chybějí data. Vodnice Mendelsonova (*T. mendelsoni*) z jižního Peru vyhynula dříve, než byla detailně poznána její biologie. Foto A. Catenazzi



9 Ropuchu zlatou (*Incilius periglenes*) r. 1964 objevil a r. 1966 vědecky popsal slavný herpetolog Jay Savage jako endemit malé oblasti mlžných lesů v Kostarice (rezervace Monteverde). Během 17 let od objevení čítala každoročně se rozmnožující populace kolem 1 500 dospělců. V r. 1988 bylo pozorováno jen 11 jedinců, r. 1989 poslední osamělý samec. Poté nebyl druh ani přes intenzivní pátrání zaznamenán a stal se vlajkovým druhem globálního vymírání obojživelníků. Foto C. H. Smith

prakticky ve všech oblastech, z nichž se podařilo získat vzorky pulců. Pozitivní nálezy pocházely z Evropy, Jižní Ameriky a Afriky, kde byly infekce nalezeny dokonce i na oceánském ostrově Svätý Tomáš, který nebyl nikdy spojen s africkou pevninou. Ještě zajímavější bylo zjištění, že perkinsidi parazitující v játrech pulců zahr-

nují dvě samostatné sesterské evoluční linie. Jedna je pravděpodobně rozšířena globálně a zjevně není patogenní, naopak druhá, podle všeho vysoce patogenní, byla zaznamenána jen v Severní Americe. Náš následný výzkum ukázal přítomnost patogenních perkinsid také u pulců v Panamě, a je tedy pravděpodobné, že jsou přítomna i jinde v neotropické oblasti. Patogenní linie vytváří v játrech pulců akumulace typicky silnostěnných hypnospor, dobře viditelných na histologických preparátech – známe detailně jejich morfologii, nikoli však jiná vývojová stadia, natož životní cyklus. Pikantní je, že nepatogenní linie je dosud známa pouze na základě sekvencí DNA, nebyla nikdy (vědomě) pozorována v mikroskopických preparátech a o její morfologii netušíme zhora nic. Objevující se infekční onemocnění zřídka zůstávají na jednom místě, a tak byla v r. 2019 prokázána infekce patogenními

perkinsidy s typickými patologickými změnami jater u hromadně uhynulých pulců rosničky zelené (*Hyla arborea*) ze zájmového chovu ve Velké Británii. Ze střední Evropy známe případy neobjasněných hybnutí pulců ropuchy zelené (*Bufoles viridis*); jestli v tom jsou zapletené Perkinsea, se ale zatím nepovedlo potvrdit.

Krvavá stopa virů

I když byl ranavirus neboli „žabí virus“ identifikován u zelených skokanů (*Pelodyphylax* sp.) již v 60. letech minulého století v tehdejší Jugoslávii, nebyl až téměř do přelomu letopočtu považován za významný patogen pro volně žijící druhy. Postupně se ukázalo, že ranaviry jsou dosti početná skupina DNA virů, která se vyskytuje napříč spektrem „studenokrevných“ obratlovců – u ryb, obojživelníků a plazů. Některé dokonce dokážou mezi těmito třídami hostitelů přeskokovat. Podobně jako



u Bd je již jejich výskyt u obojživelníků znám prakticky z celého světa a na mnoha místech působí masové úhyny. Ranavirus napadá všechna životní stadia obojživelníků, v těle působí hlavně na epitel cév a narušuje jejich funkci. Typickými příznaky pak jsou různé formy vnitřního krvácení od jemných petechií až po velké hematomy ve svalech, orgánech a tělní dutině, doplněné nekrózami prstů a lézemi na kůži. Propuknutí ranavirózy bývá často náhlé a postihuje velké množství jedinců, opakované epizody takových masových hnutí prokazatelně vedou k populačním poklesům postižených druhů. V Evropě byl v r. 2009 identifikován ranavirus z úhynů ropušky starostlivé (*Alytes obstetricans*) a získal jméno Common Midwife Toad Virus (CMTV). Je jedním z těch, které dovedou střídat hostitele, kromě různých obojživelníků byl zaznamenán také v rybách, a dokonce u uhynulé užovce maurské (*Natrix maura*) ve Španělsku. Zdá se, že CMTV se v Evropě šíří a postihuje hlavně skokany obou evropských rodů (*Rana*, *Pelophylax*), blatnice (*Pelobates*) a již zmíněné ropušky. U nás nebyl u volně žijících obojživelníků žádný ranavirus dosud zaznamenán, ale výzkum průběžně pokračuje.

Smutná bilance

Chytridiomykóza žab je dnes přítomna ve všech oblastech planety, kde se vyskytují obojživelníci. Australský ekolog Ben C. Scheele a spolupracovníci (2020) poskytují truchlivý přehled dosavadních důsledků globální invaze chytridiomycet infikujících obojživelníky – populační pokles nejméně 501 druhů obojživelníků v posledních 50 letech včetně pravděpodobné extinkce 90 druhů. Postiženy byly

hlavně větší druhy s omezenými areály ve vlhkých oblastech Austrálie a Severní i Jižní Ameriky (viz obr. 1, 4–15). Pokles populací kulminoval v 80. letech 20. století, u řady druhů tedy proběhl dříve, než byla objasněna příčina. Jen u 12 % postižených druhů jsou patrné známky zotavení, zatímco populace 39 % druhů dále klesají. Stále navíc existuje riziko zasažení nových oblastí, které zatím zůstaly ušetřeny. Jako nejrizikovější se v případě zavlečení agresivní panzootické linie Bd jeví Madagaskar se svou endemickou megadiverzitou obojživelníků, a obdobně je na tom většina států západní Afriky. Jedno je jisté: společenstva obojživelníků už nikdy nebudou, čím bývala ještě v polovině 20. století. Batracholog Roberto Ibañez ze Smithsonian Tropical Research Institute v Panamě, který byl očitým svědkem průběhu pandemie chytridiomykózy v Panamě, prvním u autorů tohoto článku pohnut vyprávěl, jak prázdné mu dnes při nočních lovech připadají horské lesy jeho země v porovnání se stavem, jež zažil za studií v 80. letech, i to, jakou rychlostí vymírání probíhalo. Některé druhy, které tehdy běžně nacházel na řadě míst, se dnes jeho tým, možná marně, snaží zachránit v přísně střežených *ex situ* laboratorních chovech (obr. 16 a na 1. str. obálky). Mnoho z přeživších druhů je pak natolik vzácných, že je léta nepotkal. Podobné dojmy líčí herpetologové z postižených oblastí ve Španělsku, kde docházelo k masovým úhynům ropušek rodu *Alytes*. U australských zoologů je zase rozšířená obava, zda opakované kontroly lokalit s výskytem chytridiomykózy a mapování ubývajících obojživelníků nebyly nakonec spolutopředné za šíření Bd v době, kdy nebyl znám původce nákazy.

10 až 15 Neotropický rod *Atelopus* – na snímcích *A. certus* (obr. 10), *A. zeteki* (11), *A. glyphus* (12), *A. limosus* (13) a dvě barevné formy *A. varius* (14 a 15) – zahrnuje většinou úzce endemické druhy ropuch vázané na povodí horských potoků a byl z definice horkým kandidátem extinkcí vlivem chytridiomykózy. A skutečně, z 99 popsáných druhů rodu byl u 52 zdokumentován populační pokles, 30 druhů je považováno za vyhynulé v přírodě (některé přežívají jen *ex situ* v záchranných chovech) a velikost populací dalších 21 druhů se zmenšila o více než 90 %.

16 Interiér přísně střežené stanice ve výzkumném centru Smithsonian Institute Gamboa v Panamě a její zakladatel Roberto Ibañez. Zde jsou umístěny záchranné chovy žab postižených vymíráním vlivem chytridiomykózy. Foto B. Gratwicke (obr. 10–16)

Dobré zprávy?

Infekce Bd ne vždy vede ke vzniku klinického onemocnění, částečně vlivem přirozené rezistence některých taxonů žab, částečně díky nízké patogenitě některých kmenů Bd. Za rezistencí žab pravděpodobně stojí mikrobiální společenstva přítomná na jejich pokožce. Bylo zjištěno, že určité kožní bakterie produkují metabolity inhibující růst Bd. V případě druhů, které v přírodě zaznamenaly obrovské propady, ale nevyhynuly úplně, se už po několika desítkách let od příchodu Bd různými mechanismy vytváří odolnost a patrně probíhá koevoluce patogenu s hostiteli. Takové situace jsou zdokumentovány z Kalifornie, Panamy a Austrálie a snad budou obecným trendem. Z hlediska evoluce jsou desítky let pouhým mžikem,





14



15

z pohledu ochrany přírody jde o neskuptečně pomalý a frustrující proces. Zároveň to ukazuje na velký problém záchranných chovů do budoucna – udržují se v nich původní, ale na patogen neadaptované linie vzácných druhů. Pro trvale naivní jedince citlivých druhů jen stěží vytvoříme místo ve volné přírodě, kam by mohly být repatriovány, protože Bd je všudypřítomná na rezervoárových druzích. Některé středoamerické druhy žab v přírodě vyhynuly, na poslední chvíli se však podařilo založit záchranné chovy několika z nich ve výzkumné stanici (spíše městečku) zmíněného Smithsonian Institute v panamském Gamboa. Aktuálně zde kromě záchranných chovů a intenzivního studia vzniku imunity vůči Bd probíhají experimentální návraty žab odchovaných v zajetí zpět na původní lokality.

Dobrou zprávou pro nás je, že evropské žaby nebyly chytridiomykózou výrazně ovlivněny. Ačkoli se Bd vyskytuje napříč Starým kontinentem, zůstávají dodnes jedinými zdokumentovanými případy populačního poklesu epidemie u ropušek rodu *Alytes* v horských oblastech Španělska. V ČR byly v přírodě zaznamenány pouze jednotlivé případy úhynů s jasnou indikací na chytridiomykózu – u ropuchy zelené a kuňky žlutobřiché (*Bombina variegata*), ale prokazatelné populační dopady chytridiomykóza na našem území aktuálně nepůsobí.

Přestože pokles početnosti německých populací mloků vlivem Bsal dosahuje až 95 %, zatím nebylo na žádné postižené lokalitě potvrzeno jejich úplné vymizení a přítomnost larev mloků v těchto místech potvrzuje pokračování reprodukce. Zbytkové populace s extrémně nízkými hustotami jsou však z definice náchylné k extinkcím, takže není důvod k přehnanému optimismu. Existují také případy, kdy onemocnění Bsal nebylo opětovně zjištěno již několik let po odeznění masového úhynu. Na druhou stranu není známo, že by se mloci stávali vůči Bsal rezistentními či tolerantními. Řada imunologických otázek však zůstává otevřena. Zajímavé jsou případy latentních infekcí u mloků skvrnitých v zajetí nebo prodloužené přežívání infikovaných mloků, jimž byl experimentálně manipulován mikrobiom na povrchu kůže. Spontánní vymizení infekce z lokality po poklesu populace mloků pod kritickou úroveň nenastává kvůli rezervoárovým hostitelům, kteří infekci snášejí (čolci), a schopnosti Bsal přežít del-

ší dobu v půdě ve formě encystovaných spor. V Německu přesto žije řada populací mloků, v nichž se Bsal nevyskytuje, ačkoli se v jejich těsném sousedství nacházejí kolabující infikované populace. V Nizozemsku byla dokonce objevena malá populace mloka pouhých 800 m vzdušnou čarou od hranic oblasti, kde mloci vlivem Bsal vyhynuli. Existuje tedy reálná šance, že alespoň některé populace mloků ničivou invazní vlnu přečkají. Bude však jen otázkou času, kdy se Bsal dostane i k nim.

Co dál?

Vzhledem k nepředvídatelnosti rychlosti a směru dalšího šíření Bsal nemáme mnoho možností, jak efektivně chránit naše ocasaté obojživelníky. Klíčové je vyšetření všech podezřelých úhynů a pokračování již zavedených omezení transportu obojživelníků včetně omezení mezinárodního obchodu s nimi. Rada odborníků považuje za rozumné založení kolonií mloků a čolků v zajetí jako pojistky pro případné vyhynutí lokálních populací, uchování alespoň části jejich genetické variability a umožnění případných repatriací v budoucnu. Hlavní výzvou však vždy bude ochrana volně žijících populací *in situ* a osvěta veřejnosti v oblasti objevujících se infekčních onemocnění a jejich vztahu k zájmovým a nepůvodním druhům. V praktické rovině je potřebný bezodkladný kvantitativní monitoring aktuálního stavu populací zejména ocasatých obojživelníků se zaměřením na oblasti jejich vysoké diverzity a/nebo silných populací regionálního významu. V Praze a jejím okolí již od r. 2015 probíhá průběžné monitorování populací mloka pod vedením Jiřího Vojara (Fakulta životního prostředí ČZU v Praze) a postupně se přidávají další lokality v okolí Brna. Žádoucí je však koordinované sledování vybraných populací a lokalit na celém území České republiky. Důležité je, abychom byli připraveni, proto aktuálně v rámci projektu Technologické agentury ČR Ochrana biodiverzity obojživelníků v souvislosti s invazemi nových infekčních nemocí (V. Baláz a kol.) připravujeme doporučené postupy monitoringu a detekce nemocí obojživelníků, včetně možných preventivních opatření a snahy o zpomalení a zmírnění probíhajících i hrozících změn. Jsme v kontaktu se zahraničními partnery, neboť řešení invaze Bsal je bez mezinárodní spolupráce iluzorní. Jen tak lze v budoucnu konstruktivně řešit šíření Bsal naším územím, které

již možná skrytě probíhá. Veřejnost může pomoci hlášením úhynů obojživelníků autorům tohoto článku, nebo prostřednictvím Nálezové databáze ochrany přírody (např. přes aplikaci BioLog), kde se dají podezřelé nálezy evidovat. Za účelem omezení šíření Bsal vydala Evropská komise v r. 2018 rozhodnutí 2018/320, upravující bezpečnostní opatření v rámci vnitrouníjního obchodu s ocasatými obojživelníky a jejich importu do Evropské unie. Byla tak zavedena prozatímní omezení obchodu a karanténní opatření v rámci EU.

Článek vznikl díky podpoře Akademie věd ČR v programu Strategie AV21 Záchrana a obnova krajiny a projektu Technologické agentury ČR (SS01010233).

Seznam použité literatury uvádíme na webové stránce Živý.



16