

Svět podle Parazita

Zatímco román Svět podle Garpa, amerického spisovatele Johna Irvinga, je fiktivní biografií spisovatele T. S. Garpa, Svět podle Parazita je realitou. Často se uvádí, že parazitický způsob života představuje na naší planetě dominantní formu existence a paraziti počtem druhů i jedinců převyšují volně žijící organismy. Je tomu skutečně tak? Je biodiverzita planety Země opravdu z převážné většiny tvořena parazity? A jsou cizopasníci běžní a všudypřítomní, nebo některým naopak hrozí vyhynutí?

Stejně jako u řady dalších obecných otázek, i v případě hodnocení biologické rozmanitosti a dominance parazitů záleží především na úhlu pohledu a způsobu hodnocení. Především však na samotné definici parazitismu, která je opravdu velmi specifická a ne zcela jednotná. Na parazitismus lze totiž pohlížet dvojím způsobem a hranice mezi oběma přístupy nejsou ostré. První a pravděpodobně běžnější je pohled medicínský, ať již jde o medicínu humánní, nebo veterinární.

Paraziti jsou historicky definováni jako eukaryotičtí cizopasníci živočichů – tedy především parazitičtí prvoci, helminti („červi“) a členovci. Nutno ale doplnit, že této definici odpovídají i houby a houbové organismy, které však za klasické parazity považovány nejsou. Takto klasické parazity (označované *sensu stricto*) často vnímá i laická veřejnost.

Druhý, značně odlišný je pohled biologicko-ekologický, který za parazita (*sensu lato*) považuje jakýkoli organismus žijící dlouhodobě na úkor organismu jiného (hostitele). Parazitem i hostitelem může být kdokoli – virem počínaje, i virus může být hostitelem, a savcem konče, i savec může být parazitem.

Počet druhů klasických parazitů (*sensu stricto*) je opravdu značný, a navíc se předpokládá, že většina z nich ještě nebyla pro vědu objevena. Avšak pouze v případě biologicko-ekologického pohledu lze prohlásit, že paraziti (*sensu lato*) představují většinu životních forem na této planetě. Souvisí to především se širokým spektrem hostitelů a jejich cizopasníků – existuje minimálně pět druhově velmi početných skupin, které sice mezi klasické parazity nepočítáme, ale zcela vyhovují biologické definici parazitismu.

Tak trochu jiní paraziti

Paraziticky žijí všechny viry. Jejich druhová bohatost je opravdu ohromující (viz článek na str. 212–215) a současný výzkum ukazuje, že se ani zdaleka neblížíme k finálnímu seznamu všech jejich zástupců. Stále jsou nalézány nové druhy, rody i mnohem vyšší taxonomické skupiny (obr. 3). Viry se bez hostitelské buňky nedokážou replikovat, a za hostitele jim



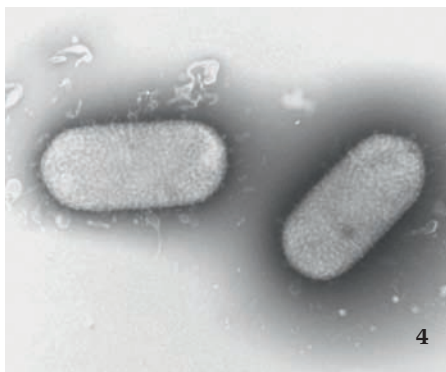
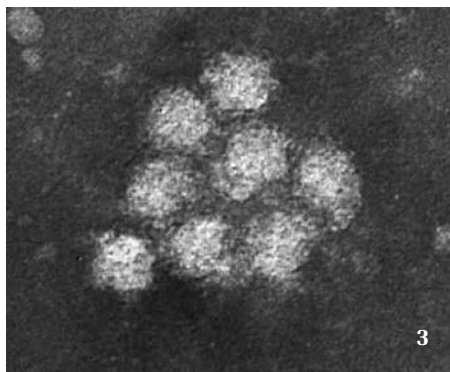
může sloužit jakýkoli organismus – existují dokonce i viry parazitující na jiných virech, virofágy (sputniky) a satelitní viry. Dokonce bychom mohli jít ještě o úroveň níže a zaměřit se na „pozůstatky“ virů v genomu hostitelů – zejména po retrovirech zůstávají v DNA hostitelů stopy v podobě neaktivních (mutovaných) úseků, které např. v genomu člověka představují zhruba 8 % – skoro čtyřikrát více, než jakou část zaujímají samotné geny kódující proteiny. Za parazitickou DNA by šlo s jistotou nadsázkou považovat i mnohé další úseky (nejen) našeho genomu.

Další velkou parazitickou skupinou jsou bakterie (především skupina Eubacteria), u nichž však není zdaleka tak snadné určit životní strategii. Značný počet druhů je volně žijících (viz též str. 216–219) nebo saprofytických. Avšak díky studiu mikrobiomu, který zejména v posledních letech odhaluje obrovskou diverzitu bakterií

obývajících těla hostitelů (také např. Živa 2015, 3: 106–107), lze mnohé bakterie považovat za symbiotické. Tím se dostáváme k otázce hodnocení vzájemných symbiotických vztahů, které nám jednoduchý pohled na parazitismus mohou značně komplikovat. Různé způsoby dlouhodobého soužití (symbiózy) lze považovat za vzájemně prospěšné (tedy mutualistické), výhodné pro jednoho partnera a neutrální pro druhého (komezávní) nebo výhodné pro jednoho a nevýhodné pro druhého (vztahy parazitické). Tyto vztahy ale nemusejí být neměnné – mohou v sebe vzájemně přecházet v průběhu života hostitele, a to v závislosti na jeho ontologickém, fyziologickém a imunokompetentním stavu. Mohou být odlišné pro různé hostitele nebo se měnit u příslušného druhu symbionta v závislosti na genetické linii či populaci (což platí pro symbiotické vztahy nejen u bakterií, viz např. Živa 2018, 4: 162–164). Proto je často velmi obtížné jednoznačně stanovit, jestli lze příslušné symbiotické bakterie označit alespoň v některých případech za parazitické, či nikoli. V současné době převažuje názor, že většina bakteriálních druhů není cizopasná, přesto však (potencionálně nebo dočasně) parazitické druhy bakterií představují značný příspěvek k biodiverzitě cizopasníků.

Analyzujeme-li zastoupení jednotlivých vyšších taxonů v rámci taxonomicky popsané biodiverzity – tedy té, která dostala své vědecké jméno – pak jednoznačně dominuje hmyz. A hmyz zároveň představuje dominantní složku v odhadech celkového počtu (eukaryotických) druhů obývajících naši planetu. Je však nutné připomenout, že možná nejpočetnější skupinou eukaryot není hmyz, ale prvoci, přesněji protista (viz článek na str. 220–223), o jejich životě a životních strategiích ale víme zatím velice málo. Mohlo by se zdát, že hmyz je parazitický jen vzácně. Tento dojem souvisí především s naším způsobem vnímání parazitismu a s terminologií. Značná část hmyzu je svým vývojem vázána na živé rostliny – herbivorní hmyz (obr. 6). V případě škod na kulturních a pěstovaných rostlinách sice mluvíme o škůdcích, ale v biologickém smyslu jsou to paraziti. Hmyzí herbivoři, na rozdíl od těch obratlovců, bývají většinou vázáni po celý život na jednoho jedince živé rostliny, a jde proto jednoznačně o symbiontní (v tomto případě parazitický) vztah. U hemimetabolního hmyzu (s proměnou nedokonalou) jsou zpravidla parazitická všechna vývojová stadia, byť někdy využívají různé živé rostliny. U holometabolního hmyzu cizopasná většina stadia larvální. Ačkoli je dospělce zcela neparazitický, z hlediska definice postačuje, pokud parazituje alespoň jedno vývojové stadium. Za čistě nebo převážně parazitické hmyzí řady proto můžeme kromě klasických parazitů (vši, blechy) považovat zejména zástupce polokřídlých (Hemiptera) – mšice, mery, červce a molice, křísy a značnou část ploštic, dále třísněnky (Thysanoptera), ale i motýly (Lepidoptera) a mnohé brouky (Coleoptera), z blanokřídlých (Hymenoptera) např. širopasé.

Čistě parazitickou hmyzí skupinou jsou řasníci (Streptiptera; Živa 2010, 5: 225–226). V jejich případě (obr. 9) se dostáváme



1 a 2 Hlístice (Nematoda) jsou velice početnou skupinou klasických parazitů s velkým počtem doposud formálně nepopsaných druhů. Laboratorně vylíhnuté larvy škrkavky *Toxocara canis*, střevního parazita masožravců (obr. 1), a zástupce rodu *Heterotylenchus* v dospělé bleše (2, foto J. Votýpka)

3 Viry představují skupinu vnitrobuněčných parazitů, u nichž byl zatím popsán jen zlomek existujících druhů. Na snímku viriony nového nepopsaného flaviviru. Foto D. Krsek a K. Majerová

4 Nově popsaná tyčinkovitá bakterie *Hymenobacter amundsenii* pocházející z Antarktidy, z okolí české Mendelovy polární stanice umístěné na ostrově Jamese Rosse. Foto D. Krsek

5 Všenky – zde *Felicola subrostratus* na chlupu kočky – typičtí představitelé hostitelsky vysoce specializovaného parazita, kterému často hrozí vyhynutí spolu s hostitelem. Snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu, dobarveno

6 Housenky a housenice patří k rostlinným herbivorům, jež lze bez nadsázky považovat za parazity světa rostlin.



k další velké a ekologicky odlišné skupině parazitů – k parazitoidům. Ti se od klasických parazitů liší především životní strategií, jejíž součástí je (biologická/evoluční) smrt hostitele, který za sebou nezačne žádné potomstvo. Parazitoid ho buď zabije v předreprodukčním věku, nebo vykastruje. Kromě celkem nepočetných řasníků se parazitoidi rekrutují hlavně ze dvou druhově nejpočetnějších hmyzích řádů – dvoukřídlých (Diptera) a především blanokřídlých. Neujasněné odhady počtu parazitických/parazitoidních vosiček (štíhloпасí, „Parasitica“) činí z blanokřídlých počtem druhů zdatného konkurenta dosud nejpočetnějším hmyzímu řádu – broukům. Stále existují úvahy, že díky zatím neobjevené a nepopsané druhové rozmanitosti parazitoidů z řad štíhloпасých mohou být blanokřídlí druhově početnější než brouci.

Právě na výše zmíněném příkladu parazitoidů se dostáváme k problému hostitelské specifity, která je z pohledu biodiverzity a rozmanitosti parazitů zcela klíčová. Dříve převažoval názor, že co hostitel, to parazit. Tedy že paraziti a parazitoidi jsou dosud výrazně vysoce hostitelsky specifictí a že je jich proto minimálně stejný počet druhů jako jejich hostitelů. V současné době se čím dál častěji ukazuje, že sice existují vysoce hostitelsky specifictí paraziti (viry počínaje a živočichy konče), ale většina parazitů má přece jen širší hostitelské

spektrum. Jednotlivé taxonomické skupiny se z hlediska hostitelské specifity chovají velmi odlišně – jiná je specifita bakterií a jiná parazitických hlístic, odlišná je u parazitoidních vosiček nebo houbových patogenů, jako je např. padlí. Dosud víceméně neznámá hostitelská specifita virů a jejich vazba na stále se druhově rozrůstající bakteriální „říši“ bude pro odhad počtu neukaryotních parazitů opravdu důležitá, zvláště vezmeme-li v úvahu i prostředí moří a oceánů.

Odhad eukaryotické biodiverzity závisí především na druhové rozmanitosti v tropických oblastech. Přitom pohled na hostitelskou specifitu herbivorního hmyzu a parazitoidů v deštných lesích se v průběhu posledních desetiletí postupně mění. Na rozdíl od dřívějších představ striktních stenofágů (co hostitel, to specifický parazit) hodnotí současná věda tyto dvě parazitické skupiny (herbivory a parazitoidy) spíše jako oligofágy využívající širší hostitelské spektrum. Díky novým poznatkům, na kterých se mimo jiné podíleli i čeští vědci, došlo k částečnému snížení celkového od-

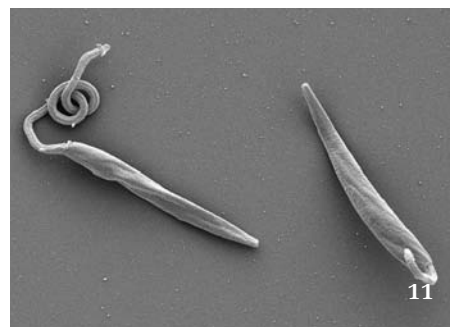
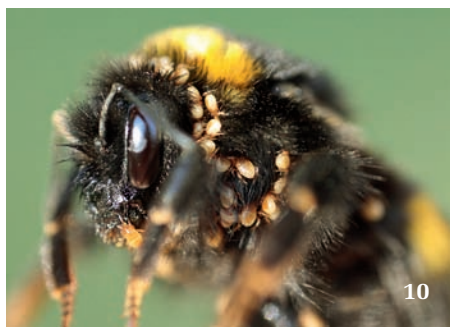
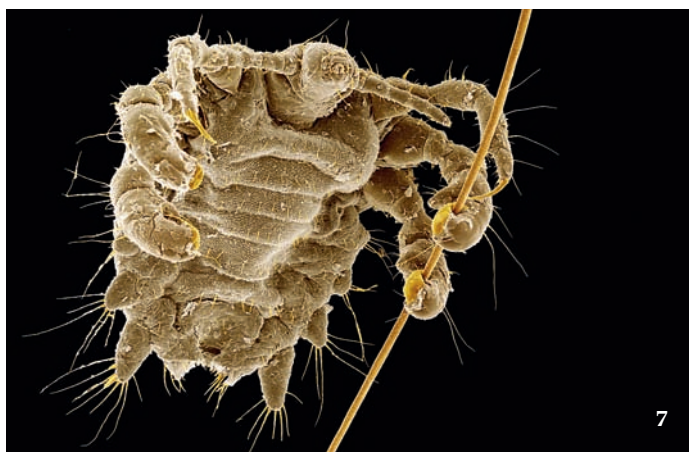
hadu diverzity těchto parazitických skupin hmyzu. Rovněž odhady druhové rozmanitosti cizopasných protist se postupně snižují. Zatímco dříve se předpokládalo, že např. zástupci výtrusovců (Apicomplexa) a trypanosomatid (Trypanosomatidae, Kinetoplastea, obr. 11) jsou vysoce hostitelsky specifictí, v současnosti se názor jeden hostitel – jeden parazit postupně opouští a celkový počet druhů těchto dvou výhradně parazitických skupin bude pravděpodobně podstatně nižší, než se očekávalo. Avšak i v tomto případě platí, že stále víceméně opomíjíme oceánské ekosystémy, mohou skrývat mnohá překvapení (viz např. Živa 2017, 3: 118–120).

Zatím jsme se věnovali různým taxonomickým skupinám organismů, které výrazně navyšují počet a diverzitu parazitů. Další skupinu, tentokrát nikoli taxonomickou, ale ekologickou, tvoří epibionti (Živa 2018, 4: LXXXV–LXXXVIII). Jsou charakterističtí tím, že dlouhodobě žijí na svých „nosičích“ – bazibiontech, kteří jim slouží převážně jako opora (obr. 10). Vztah mezi epibiontem a bazibiontem je jednoznačně symbiózou (dlouhodobým soužitím), který lze hodnotit jako vztah víceméně komenzální, přecházející občas do vztahu (částečně) parazitického. O tom, jak moc epibiont poškozuje svého bazibionta, rozhoduje několik okolností. Tou nejdůležitější bývá početnost. Přestože epibionti z hostitelů nezískávají přímo živiny, ve větším množství je mohou vážně poškozovat. Např. epifytické rostliny konkurují s hostitelem o světlo, navíc při jejich nahromadění může docházet k lámání větví apod. Ačkoli v našich podmínkách tato životní strategie nepatří k běžným, v tropických lesích a v mořích jsou epibionti všudypřítomní a druhově velmi početní.

Paraziti jsou tedy nejen biologicky a taxonomicky různorodou ekologickou skupinou, ale z hlediska biodiverzity zřejmě skutečně představují dominantní složku organismů. Za určitých okolností lze akceptovat myšlenku, že parazitický způsob života se alespoň po část životního cyklu v určitých populacích a za specifických situacích vyskytuje u nadpolovičního počtu druhů obývajících tuto planetu.

„Červená kniha“ parazitů

Všudypřítomnost parazitů a jejich ohromující diverzita však nic nevypovídá o případné vzácnosti konkrétních druhů nebo o jejich možném ohrožení. Na rozdíl od volně žijících organismů je ekosystémem parazitů tělo jejich hostitelů, a i když hostitelská specifita není v mnoha případech tak vysoká, jak se dříve předpokládalo, vyhynutí hostitelského druhu přece jen znamená pro jeho parazity vážné nebezpečí. Pojem coextinction („spolu vyhynutí“ neboli zánik druhu v závislosti na ztrátě jiného druhu) zavedli r. 1993 Nigel Stork a Christopher Lyl. Jednoznačná data sice chybějí, ale odhaduje se, že např. v důsledku vyhynutí řady ptáků (uvádí se kolem 190 druhů) vymizely ze světa desítky až stovky druhů jejich vysoce hostitelsky specifických parazitů, zvláště pérovců roztočů a všenek (Živa 2007, 6: 271–274 a 2009, 3: 126–128), u nichž byl tento proces alespoň v některých případech dobře



zdokumentován. Můžeme se však domnívat, že spolu s ptáky vyhynula i řada jejich endoparazitů, např. vysoce hostitelsky specifické kokcidie rodů *Eimeria* nebo *Isoospora*. Stejně tak bylo doloženo, že spolu s vyhynulými taxony ryb mizí i jejich specifictí ektoparazitické červi – zástupci skupiny jednorodí (Monogenea). Hostiteli však nejsou jen živočišné, ale i rostliny, a tak vyhynutí jakéhokoli rostlinného druhu může mít fatální dopady pro herbivory na něj vázané, zejména z řad brouků, ale pravděpodobně i dalších hmyzích řádů.

Vyhynutí parazitů spolu s jejich hostiteli bylo popsáno na řadě případů. Člověkem kolem r. 1900 záměrně vyhubený sokolovitý pták karančo guadalupský (*Caracara lutosa*) s sebou vzal do věčných lovišť i všenkou *Acutifrons caracarensis*, stejně tak spolu s papouškem aro kubánským (*Ara tricolor*) zmizela ze světa všenka *Psittacobrosus bechsteini*, klíště sličné (*Ixodes nitens*) vyhynulo s krysou *Rattus macleari*, která byla endemitem Vánočního ostrova, atd.

V rámci ektoparazitů jsou klíšata spolu s všenkami jednou z nejohroženějších skupin. Odhaduje se, že z celkového počtu přibližně 700 klíšetických druhů je téměř desetina ohrožena vyhynutím v souvislosti s ohrožením jejich hostitelů (termín coendangered zavedli r. 2004 Lian Pin Koh a kol.). Pokud by např. došlo k vyhubení ohroženého jelena sambara indického (*Rusa unicolor*), vedlo by to pravděpodobně k vyhynutí hned čtyř druhů klíšat, úzce svázaných svým životním cyklem s tímto druhem hostitele. Téměř polovina všech ohrožených klíšat náleží do rodu *Amblyomma*, protože především dospělá stadia jsou značně specifická a jejich hostitelé, ať už velcí savci, nebo plazi, zejména pak želvy, jsou často ohroženi vyhynutím. Silně ohroženou skupinou parazitů jsou v důsledku vysoké hostitelské specifity



také střečci slonů, nosorožců, antilop sajg, gazel džebran a dalších.

Kvůli epidemiologickým zákonitostem i způsobu šíření parazitů a jimi přenášených mikroorganismů v rámci populace hostitelů může dojít k vyhynutí parazitů nebo přenášených patogenů i prostým snížením populační hustoty hostitelského druhu. Ten nadále přežívá, avšak jeho symbionti (včetně parazitů) mohou nadobro zmizet. Právě klíšata jsou častými přenašeči řady mikroorganismů včetně parazitických protist, jako rodů *Babesia* a *Theileria*. Ačkoli některé druhy těchto parazitů mají vážné klinické projevy a mohou působit značné hospodářské škody, u volně žijících zvířat probíhá nákaza obvykle bez příznaků. V souvislosti s možným vyhynutím klíšat nebo drastickým snížením jejich početních stavů mohou postupně vymizet i jimi přenášené mikroorganismy. K dobrým příkladům patří *Babesia bicornis* a *Theileria bicornis* u kriticky ohroženého nosorožce černého (*Diceros bicornis*), jejichž vektory jsou ohrožené druhy klíšat *Dermacentor rhinocerosinus* a *Amblyomma rhinocerosinus*.

Stejně tak mohou být paraziti zcela vyhubeni, pokud hostitelský druh zmizí (byť jen dočasně) z volné přírody a je udržován v záchranném chovu (nebo je uměle pěstován). V těchto případech jsou paraziti vyhubeni v důsledku aplikovaných léčiv

7 Také lidské parazity se mohou dostat na seznam ohrožených druhů, jako třeba veš muňka (*Phthirus pubis*).

8 Všívák sloní (*Haematomyzys elephantis*) je jedním ze dvou druhů zastupujících podřád všiváků (Rhynchophthirina), kteří mohou být díky vysoké hostitelské specializaci snadno ohroženi vyhynutím. Foto J. Votýpka

9 Pupárium řasníka (*Xenos* sp.) mezi zadečkovými tergity vosíka francouzského (*Polistes gallicus*). Foto J. Švábík

10 Epibionti a foronti (využívají hostitele ke svému šíření) jsou specifickou skupinou symbiontů s parazitickými sklony. Roztoč *Parasitellus fucorum* na samici čmeláka. Snímky J. Bulantové, pokud není uvedeno jinak

11 Zástupce dosud nepopsaného rodu jednohostitelských trypanosomatid (Trypanosomatida). Foto J. Votýpka

12 Otevřená háčka žlabatky růžové (*Diplolepis rosae*) – komůrky s larvami původce háčky a jeho parazitoidů. Foto J. Švábík

nebo chovných (pěstebních) podmínek. Tak byla vyhubena všenka *Colpocephalum californici* při záchraně kondora kalifornského (*Gymnogyps californianus*) a všenka rodu *Neotrichodectes* při záchraně tchoře černonohého (*Mustela nigripes*). Zmínit bychom měli i cílenou snahu o vymýcení lidských parazitů, která vedla např. k povážlivému snížení početnosti vši muňky (*Phthirus pubis*, obr. 7).

Třebaže parazitických druhů je nespočet, mnohé z nich vyhynuly nebo se staly kriticky ohroženými. Je dobré si uvědomit, že se ztrátou jakéhokoli (makro)organismu pravděpodobně vymizí i několik dalších, s ním úzce spojených (mikro)organismů. Naskytá se otázka, zda by alespoň v některých případech, kdy je to možné, neměli být spolu s hostitelem chráněni i jeho symbionti, a to včetně komenzálů a parazitů.