

## Diverzita parazitů

**Při letném pohledu do přírody by se mohlo zdát, že paraziti jsou něco lehce extravagantního, co se často nevidí. Protože většina z nich žije skrytě a neokázale, mají biologové tendenci opomíjet jak jejich role v ekosystémech, tak jejich druhové bohatství – diverzitu. V tomto článku se pokusím ukázat, že si paraziti co do druhové bohatosti se svými volně žijícími souputníky nijak nezadají.**

### Kdo je parazit?

Pod označením parazit si většina lidí představí tasemnici nebo klíště, ti znalejší možná parazitického prvoka jako třeba trypanozomu nebo plazmodium. Parazitologie jako vědecká disciplína se historicky soustřeďuje právě na studium tří skupin organismů – parazitických červů, členovců a prvků. Botanik by ale právem poznamenal, že existuje spousta parazitických rostlin, jako např. jmelí nebo kokotice. A bakteriolog dodá, že velké množství bakterií je parazitických.

Takže to zkusíme od začátku. Parazit je organismus žijící na úkor hostitele, kterým může být živočich, rostlina, houba, ale i prvek, řasa nebo bakterie. Při tak široké definici bychom parazita neodlišili od predátora, a proto musíme dodat, že je obvykle menší než jeho hostitel, vykazuje určitou míru specializace na svého hostitele, obvykle je s ním v dlouhodobém kontaktu, množí se rychleji než hostitel, většinou ho nezabíjí a hostitel se proti němu obvykle brání pomocí nějakého typu imunitní odpovědi. Podle této definice není sporu, že mezi parazity spadají kromě červů, členovců a prvků také všechny viry, velká část bakterií, parazitické houby a rostliny.

Existuje však řada organismů, u kterých bychom mohli dlouze diskutovat, zda jde o parazity či nikoli. Co takový parazitoidi (přes 10 % popsanych druhů hmyzu; viz článek P. Bogusche na str. 222), jako např. lůvek, jehož samička naklade oplodněná vajíčka do těla larev pilořitky, kde prodělávají svůj vývoj až do kukly a hostitele zahubí. Nebo býložravci, ať už obratlovci nebo celá polovina druhů hmyzu, kteří hostitelské rostliny jen okusují. Někdy jsou úzce specializovaní (mandelinka) na jeden druh rostliny, která se proti nim někdy brání vylučováním jedů a vábením predátorů. A konečně krevsajcí hmyz (např. komáři), kteří se nezdržují na hostiteli dlouho, mohou být různě specifictí, ale setkávají se s imunitním systémem. Tři posledně zmíněné životní strategie se někdy považují spíše za formu predace, ale sami cítíte, že hranice s parazitismem je zde velmi tenká.

Ač je to překvapivé, mnohdy není známo, zda organismus svého hostitele/partnera poškozují, nebo ne. Na kůži zdravého člověka žije 500 až 1 000 druhů mikrobů – bakterií a archeí – a zhruba stejný počet

nalezeme ve střevech. Počet buněk těchto mikrobů řádově převyšuje počet buněk našeho těla. Žádný z nich nám výrazně neškodí a některé dokonce prospívají. Je známo jen asi 200 druhů bakterií patogenních pro člověka a jejich přítomnost na sobě snadno poznáme. Mikroby, kteří nám neprospívají, ani neškodí, považujeme za komenzály, je však téměř jisté, že někteří rádoby komenzálové přece jen trochu škodí nebo, za určitých podmínek, škodit mohou – např. nejnámější střevní bakterie *Escherichia coli*. Hranice mezi komenzálem a parazitem je tedy dost nezřetelná.

### Parazitismus v evoluci

Při pohledu na evoluční strom života (třeba ten schematický na obr. 1) je patrné, že paraziti (i ti nepochybnitelní) obývají mnoho oddělených větví a mezi nimi se často v těsné blízkosti nacházejí organismy neparazitické. Je naprosto jasné, že neexistuje žádná velká říše, kam by spadali všichni paraziti, a že paraziti tedy nejsou potomci nějakého dávného praotce parazita. Naopak, protože první organismy na Zemi musely z principu být volně žijící (neexistovali ještě hostitelé), parazitické druhy a skupiny vznikaly a stále vznikají z volně žijících organismů přizpůsobením se k parazitickému způsobu života. Není vyloučeno, že výjimečně může dojít i k opačnému ději, přechodu od parazitismu k volnému způsobu života. Samozřejmě, že některé skupiny organismů obsahují mnoho parazitických zástupců – třeba viry, eubakterie, bezobratlí – kdežto jiné jsou na parazity poměrně chudé – archebakterie, cévnaté rostliny, obratlovci.

Některé staré a košaté větve stromu života jsou obsazeny výhradně parazity a je zřejmé, že se v jejich případě na parazitickou dráhu dal již poměrně dávný předek – např. výtrusovci (*Plasmodium*, *Toxoplasma*), mikrosporidie (*Nosema*), motolice nebo tasemnice, vši a blechy. Na těchto skupinách jsou také dobře patrná jejich dokonale přizpůsobení k parazitismu, jako je např. výbava k pronikání do hostitele a jeho buněk, aparát na přichycení, vývojové cykly zahrnující více hostitelů, obrana proti imunitnímu systému hostitele apod. Některé tyto „vynálezy“ pravděpodobně stály za evolučním rozmachem příslušné skupiny. Např. výtrusovci používají k pro-

nikání do hostitelské buňky originální aparát – apikální komplex. Skládá se z mikrotubulů a několika typů exkrečních organel a je schopen pomocí chemického a mechanického působení rozvolnit povrch hostitelské buňky, takže parazit hladce vklouzne dovnitř. Dnes je zřejmé, že apikální komplex vznikl ze speciálního „ústního ústrojí“ určeného k vysávání cytoplazmy napadených buněk. Toto ústrojí najdeme u některých výtrusovců nepřonikajících do buněk (např. rod *Selenidium*) a u přibuzných výtrusovců (některých obrněnek a bičíkovců *Colpodella* a *Perkinsus*). Evoluční přestavba fagocytického nástroje na apikální komplex vedla k rozvoji parazitických výtrusovců čítajících více než 5 000 druhů. Druhým extrémem na stromu života jsou organismy, které se na kariéru parazitů daly relativně nedávno, měřeno v evolučním měřítku, a někdy pro ně parazitismus není ani povinný. Celé generace jich žijí volně mimo hostitele a jen když se jim naskytne možnost vstoupit do hostitele, tak se pomnoží a způsobí často smrtící chorobu. Příkladem může být bakterie *Clostridium tetani* nebo améby (měňavky) *Naegleria* a *Acanthamoeba*.

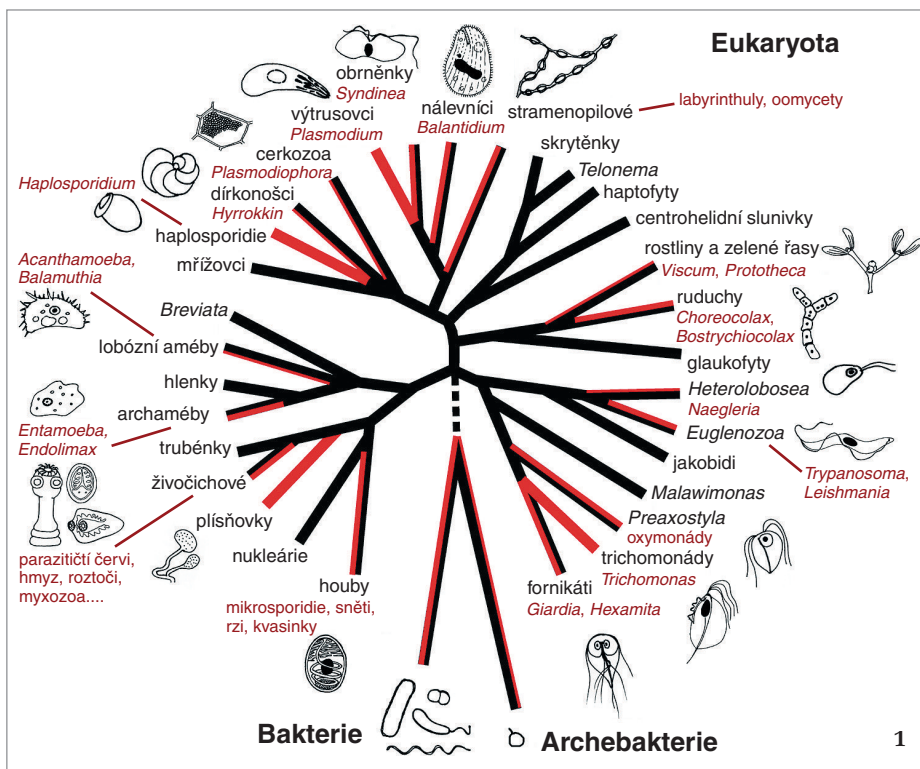
### Paraziti i tam, kde bychom je nečekali

Abych ještě více vyzdvihl skutečnost, že parazitické organismy jsou skutečně všudypřítomné, a to jak ve smyslu příslušnosti k evolučním liniím, tak ve smyslu ekosystémů po celé planetě, dovoluji si uvést pár příkladů. Zabrousíme mezi řasy, tedy do fotosyntetických skupin hrajících nezastupitelnou roli v primární produkci biosféry. Asi čtvrtina ruduch (např. *Gardneriella tubrifera* nebo *Gracilaria oryzoides*) parazituje na jim blíže příbuzných druzích. Došlo zde k jevu, kdy parazitické druhy vznikly ze svých nynějších hostitelů. Takovým parazitům se říká adelfoparaziti. Také mezi hnědými řasami, které jsou zeleným a červeným řasám nepřibuzné, bychom našli parazity. Např. některé obrněnky (*Syndinea* a *Ellobiopsida*) vytvářejí v mořských koryšcích stadia podobná vláknitým houbám a jen volně pohyblivé bičkaté stadium upomíná na jejich obrněnkovitou minulost.

Že se paraziti nevyhýbají žádnému ekosystému, ukázala studie materiálu z hlubokomořských průduchů – tzv. kuřáků. Pomocí sekvenování DNA izolované přímo z prostředí (přefiltrované vody a substrátu) byla v těchto ekosystémech prokázána celá řada parazitických skupin – výtrusovci, *Syndinea*, kinetoplastida a další.

### Struktura parazitárních populací

Paraziti jsou ve svém životě vázáni na hostitele, a proto jsou jejich zeměpisné rozšíření a struktura populace ovlivněny rozšířením a strukturou populace hostitelů. Tak např. protože hostitel-přenašeč (moucha tse-tse) trypanozomy spavíčné žije pouze v Africe, nemůže se tento parazit vyskytovat na jiných kontinentech. Tedy pokud nevyřeší problém svého přenosu mezi savčími hostiteli jiným způsobem (viz článek J. Lukeše na str. 202). Zejména v případě parazitů dlouhodobě fyzicky svázaných s hostitelem hovoříme o ostrůvkovitém výskytu – ostrůvky jsou v tomto případě těla hostitelů. Pro „společenstva“



parazitů na různých úrovních vzhledem k hostitelům se ustálila následující hierarchická terminologie. Infrakomunitou rozumíme parazity všech druhů obývajících jednoho hostitelského jedince, komponentní komunitou (parazitofaunou) parazity obývajících hostitelský druh a konečně kompaundní komunitou označujeme parazitární druhy vyskytující se v daném ekosystému. Studium diverzity parazitů na různých úrovních poskytuje různé typy informací a nese s sebou různá úskalí.

### Jak počítat druhy parazitů?

Tak jako v případě volně žijících druhů je i studium druhové rozmanitosti parazitů komplikováno nejasným vymezením druhu. Problémy nastávají zejména u parazitických bakterií a klonálně se množících prvoků, kde z principu nelze uplatnit koncept biologického druhu. Proto se následující text bude týkat spíše eukaryotických parazitů, zejména pak bezobratlých. Problematické zůstává i samotné nalezení parazitů a naše schopnost odhadnout, jaká část druhů poznání dosud uniká. Studium infrakomunity není z pohledu parazitární rozmanitosti příliš významné. Proměnlivost parazitů se totiž jedinec od jedince velmi liší a odráží se tak kvalitou jeho imunitního systému, věkem, místem, kde žije, a rizikovostí chování. V důsledku toho se mnoho druhů parazitů vyskytuje jen v části populace hostitelského druhu.

Studium komponentní komunity celého hostitelského druhu je z pohledu diverzity mnohem zajímavější. Vzhledem k relativní vzácnosti mnoha parazitárních druhů je v tomto případě kritický počet vyšetřených jedinců hostitele. Jednoznačně nejdůležitější je prozkoumán člověk, u kterého bylo dokumentováno přibližně 350 druhů parazitických eukaryot s prokázanou nebo předpokládanou patogenitou. Navíc část z nich se považuje za hostitelsky specifické, tedy vyskytující se pouze nebo převážně u člověka, a mohli bychom je tedy označit za lidské endemity. V počtu známých parazitů mohou člověku konkurovat pouze významná domácí a laboratorní zvířata. Tak vysoký počet známých parazitů těchto druhů odráží pouze množství práce odvedené při diagnostice. Kdyby bylo stejně intenzivně vyšetřeno srovnatelné množství pand velkých nebo dikobrazů, počet nalezených druhů parazitů by se zřejmě zásadně nelišil. Bylo vysloveno mnoho hypotéz, že by druhy s větším tělem, delším životem, větším areálem rozšíření, bohatší stravou nebo žijící v prostředí vhodném pro šíření parazitů (např. voda) měly mít bohatší parazitofaunu. I když tyto hypotézy znějí logicky, vliv ani jednoho z těchto faktorů na bohatost parazitofauny nebyl v přírodě jednoznačně prokázán.

A jak je to s počtem parazitárních druhů v ekosystému, nejlépe v tom celoplanetárním? Kdybychom znali průměrný počet

1 Zastoupení parazitů v jednotlivých liniích organismů a předpokládané příbuzenské vztahy se zaměřením na eukaryota. Přítomnost parazitických zástupců v jednotlivých liniích znázorňuje červená barva – celá červená větev je pro výhradně parazitické skupiny, z poloviny červená pro skupiny s velkým a tenká červená linka pro skupiny s malým počtem parazitických zástupců. U každé linie jsou schematicky vyobrazeny vybraní parazitičtí zástupci (názvy barevně). Orig. V. Hampl

parazitů na jeden hostitelský druh u každé vyšší taxonomické skupiny organismů, mohli bychom si počet druhů parazitů snadno spočítat. Nesměli bychom zapomenout na parazity dosud nepoznaných druhů, tj. vynásobit počet známých volně žijících druhů koeficientem zohledňujícím předpokládané procento nepopsaných hostitelů. Ve skutečnosti je to ještě složitější, protože většina parazitů není striktně hostitelsky specifická a někteří dokonce potřebují pro svůj vývoj více hostitelů, takže titíž jsou přítomni v několika parazito-faunách. Z počtu 350 popsanych eukaryotických parazitů člověka je jich jen asi 30 striktně vázáno na člověka, třeba zimnič-ka třetidendní – *Plasmodium vivax*. I z nich však někteří potřebují pro svůj vývoj další hostitelský druh nebo druhy (přenašeče, mezihostitele apod.). Proto bychom museli součet všech parazitofaun na závěr vydělit průměrnou hostitelskou specifitou vyjadřující počet hostitelů, na ve kterých se může vyskytovat průměrný parazitární druh. Je zřejmé, že podobné odhady lze dělat jen u těch skupin, o nichž víme poměrně dost, a i tak dostaneme jen velmi hrubá čísla. Odhady počtu druhů některých parazitárních skupin u savců jsou uvedeny v tab. 1.

Jsou lidé, co rovnou parazity systematicky počítají, alespoň na ohraničeném území. Jedním z nich je Daniel Brooks, který od r. 1996 koordinuje projekt snažící se vytvořit seznam parazitických druhů v kostarické rezervaci Area de Conservacion Guanacaste. Řekli bychom, že jde o mapování kompaundní komunity parazitů. Zatím vyšetřili 5 000 obratlovců (asi 500 druhů) a v průměru našli u jednoho jedince parazity ze dvou skupin (např. prvok a motolice). Určování druhů není ještě u konce, ale ukazuje se, že nejméně třetina a možná až polovina nalezených nebyla dosud popsána.

Sečíst veškeré parazity na planetě dnes rozhodně nedokážeme, ale podobnou logikou, jakou jsme použili v tab. 1, bychom mohli dospět alespoň ke srovnání počtu parazitických a volně žijících druhů. Předpokládejme, že každý volně žijící druh má alespoň jednoho „endemického“ parazita, který se nevyskytuje v žádném jiném organismu – my jsme měli třeba černé něštovice a stále máme bičenku poševní nebo měňavku úplavičnou. Počet druhů parazitických organismů se za takového předpokladu vyrovná nebo dokonce přesáhne počet volně žijících druhů na této planetě. Pokud uvážíme, že mezi parazity patří i viry bakterií a prvoků (také bičenka poševní má svůj virus), myslím, že početní převaha parazitů na Zemi je skutečností.

**Tab. 1** Odhady počtu druhů některých parazitárních skupin u savců. Výpočet je založen na počtu 4 637 savčích druhů. Podle: R. Poulin a S. Morand (Parasite biodiversity. Smithsonian Book, Washington 2004). Blíže v textu

Skupina parazitů	Průměrný počet parazitárních druhů na jeden druh hostitele	Průměrná hostitelská specifita	Odhad celkového počtu druhů
Motolice	1,61	2,01	3 714
Tasemnice	1,89	1,89	4 637
Vrtejší	0,28	4,32	301
Hlísti	3,90	6,07	2 979