

Paraziti jako naši spojenci

Jan Votýpka, Julius Lukeš, Petr Horák

Je to poměrně zvláštní představa, že by se paraziti mohli stát, byť jen v některých případech, i našimi spojenci. Ale opravdu tomu tak je, a to jak v medicíně, tak v zemědělství. Pozitivní vliv parazitů je však mnohem obecnější a mohli bychom jej rozdělit do tří kategorií: medicínsko-ekonomický, ekologický a evoluční. Nás bude samozřejmě nejvíce zajímat ten první, spojený s naším zdravím, ale bylo by škoda nezmínit se na začátku alespoň okrajově i o těch ostatních.

Sex, drogy a rokenrol

V duchu věčné otázky, zda byla dříve slepice, nebo vejce, se můžeme ptát, jestli byl dříve hostitel, nebo jeho parazit. Sice se nabízí námitka, že bez hostitele nemůže parazit přežít, ale parazitismus nemusel být zpočátku tak vyhraněný, jak ho známe nyní a praparaziti mohli být víceméně volně žijícími organismy, které se jen občas přiživily na budoucích hostitelích. Tato souběžná evoluce a přizpůsobování se cizopasnému způsobu života, a to jak na straně hostitelů, tak parazitů, se pravděpodobně objevily velmi záhy. Vzhledem k neodolatelné nabídce prostřeného stolu v podobě hostitelova těla se můžeme domnívat, že první paraziti se v nějaké podobě objevili již záhy po vzniku života. Je více než zřejmé, že soužití parazitů s hostiteli bylo jedním z nejsilnějších faktorů, které utvářely evoluci organismů na této planetě, a to již od počátku vzniku života. Není proto divu, že paraziti, respektive jejich souvislý tlak na hostitele, jsou svým způsobem zodpovědní za mnoho „vymožeností“ součas-

ných organismů, včetně nás samotných. Není možné ani nutné zabíhat do poměrně složitých evolučních teorií, objasňujících postupný vznik jednotlivých vývojových novinek. Pro účely této knihy se spokojíme s poněkud zjednodušeným schématem, které objasňuje čtyři důležité milníky v evoluci života.

Počátky života jsou, jak to u počátků bývá, obestřeny tajemstvím. Nahlédnout do okamžiku zrodu života se nám zatím moc nedaří, nicméně pozdější evoluční události si už umíme představit lépe. Vzhledem k tomu, že parazitismus se na Zemi vyskytoval takřkajíc od počátků věků, je zřejmé, že se s ním setkaly již první praorganismy.

Všechny obyvatele Země můžeme zjednodušeně rozdělit do dvou značně odlišných skupin. Tou první jsou malá prokaryota, zjednodušeně řečeno bakterie, které se vyvinuly jako první. Druhá skupina, která se objevila mnohem později, jsou o poznání větší eukaryota a patří k nim všechno ostatní, od jednobuněčných prvoků a řas přes rostliny až po živočichy. Zajímavé však je, že všechna současná eukaryota mají ve svých relativně velkých buňkách i zjednodušené malé buňky prokaryot, které patří k buněčným organelám dvou typů – k plastidům a mitochondriím. A proč vůbec mají vyspělejší eukaryotní organismy ve svých buňkách malá a primitivní prokaryota? Protože by bez nich nepřežily, nebo by se jim alespoň nežilo tak dobře. Plastidy, díky nimž jsou rostliny zelené, totiž zajišťují fotosyntézu. Mitochondrie zase zabezpečují dýchání, a proto je najdeme skoro ve všech organismech na Zemi. Všechna současná eukaryota tedy vznikla tak, že si kdysi dávno ochočila prokaryota. Předchůdci plastidů, bakteriální sinice, byli pravděpodobně „násilně“ uloveni a zotročení předchůdci řas a posléze i zelených rostlin. Avšak u mitochondrií byla pravděpodobně cesta současného soužití spíše opačná. Lze předpokládat, že takzvané alfa-proteobakterie, z nichž se současné mitochondrie vyvinuly, vstoupily do buněk prvotních eukaryot jako paraziti, a to proti vůli buněk hostitelských. Avšak během evoluce se zlí paraziti změnilí v hodné a velice užitečné mitochondrie, bez nichž by byl život eukaryot neskonale složitější.

Ve stručné historii života byl vznik eukaryot velkým milníkem, nicméně i po této zlomové události následovalo ještě dlouhé vývojové období, kdy byly všechny organismy na Zemi pouze jednobuněčné. Teorií o vzniku mnohobuněčnosti existuje celá řada. Několik

z nich zdůrazňuje i soustavný evoluční tlak parazitů. Ten mohl u hostitelů zvyšovat komplexitu a složitost jejich buněk, vedoucí v důsledku k tvorbě vícebuněčných organismů, které představují další velmi významný krok v evoluci života.

Tlak parazitů a nikdy nekončící závody ve zbrojení (jak o tom pojednává i několik dalších kapitol této knihy) jsou zodpovědné i za další, velmi důležitou evoluční novinku. A tou je sex, respektive sexuální rozmnožování. Vysvětlení tohoto fenoménu však musí být poněkud obšírnější. Soužití parazita a hostitele si můžeme zjednodušeně představit jako nekonečnou šachovou partii. Na každý tah parazita vymyslí hostitel protitah, na který zas vymyslí protitah parazit. Jenže na rozdíl od šachů si zde nejsou hráči ani zdaleka rovni. Parazit má totiž přinejmenším tři velké evoluční výhody:

Především většina parazitů je výrazně menší než hostitel a v jeho těle jich často bývá velké množství. Přitom každý jedinec parazita může hrát sám za sebe, zatímco hostitel je jen jeden. Druhou výhodou je generační doba (tj. doba potřebná pro vznik nové generace organismu – u bakterií například doba potřebná na jejich rozdělení). Generační doba bakterií se počítá v desítkách minut, a proto dokážou na jeden tah hostitele provést až desetitisíce vlastních tahů. Třetí výhodou parazitů je jejich silnější evoluční motivace. Pokud se parazitovi nepodaří proniknout do hostitele a rozmnožit se v něm, zemře a nezanechá po sobě žádné potomky. Naopak když se neubrání invazi parazita hostitel, tak většinou nezemře a alespoň nějaké potomky zanechá. Pro parazita je to tedy hra vabank a přežijí jen ti, co uspějí. Naopak hostitel, i když parazitem částečně poškozený, přežije a své geny předá do dalších generací, které však budou vůči parazitu stejně bezbranné jako organismus rodičovský. Vidíme tedy, že šachová partie je značně nevyrovnaná. Aby hostitel dokázal vyrovnat tři výše uvedené evoluční výhody parazita, vytvořil si geniální obranu. Sex.

Veškerá snaha parazita totiž víceméně směřuje k vypořádání se s obrannými mechanismy hostitele. Pokud budou potomci hostitele identičtí se svými rodiči, jako je tomu při nepohlavním rozmnožování, bude přizpůsobení parazita rodičům perfektně fungovat i u jeho potomků. Avšak pokud do hry vstoupí pohlavní rozmnožování hostitelů, budou se potomci od svých rodičů lišit, a to zejména

na v imunitě a obranných mechanismech. Většina výše uvedených evolučních výhod parazita je při takovéto změně pravidel hry značně oslabena. A právě proto tu máme sex.

Posledním, i když značně kontroverzním příspěvkem parazitů k mimořádným schopnostem některých živočichů včetně nás, lidí, je vnímání krásy. Vysvětlení je opět poněkud komplikovanější, ale rozhodně je zajímavé se s ním seznámit. U samců mnoha živočichů se vyvinuly nápadné struktury, které většinou slouží k pohlavnímu výběru ze strany samic. To ovšem znamená, že samice musí dokázat tyto struktury ohodnotit a vybrat ty nejlepší. Právě schopnost tohoto výběru je počátkem vlastnosti označované u lidí jako schopnost vnímat krásu. Přece i lidé si vybírají krásné protějšky a každý chce mít pěkného mužského nebo krásnou ženskou. Položme si však zdánlivě jednoduchou otázku: Proč bychom si měli vybírat nápadnější a krásnější partnery? Odpověď, že se nám líbí, nestačí. To, že se nám něco líbí, pouze znamená, že je to evolučně důležité. Ale proč je to důležité – budou snad krásní jedinci lepšími otci či matkami? Vysvětlit tento paradox se doposud zcela jednoznačně nepodařilo. Existuje řada hypotéz a jedna z nejznámějších přisuzuje zásadní roli právě parazitům. Opět velmi zjednodušeně můžeme říci, že snahou samičky je zajistit pro své potomstvo nejen péči otce (která však u některých druhů zcela chybí), ale především kvalitní geny. Jak však poznat samce s kvalitními geny? Jednou z možností je otestovat budoucího otce pomocí znaků, které nelze tak snadno zfalšovat. Krása, pestrost, barevnost, symetrie nebo nápadné struktury nejsou pro samotný život moc důležité, ale jejich tvorba a vznik během života jedince i jejich následné udržování je poměrně složité a nákladné na čas, energii, živiny a další formy investic. Proto si je může dovolit jen kvalitní jedinec, který se nemusí potýkat s parazity a dalšími nepříznivými okolnostmi. A protože odolnost proti parazitům je dána především geneticky, je do jisté míry vnější vzhled průkazem kvality genů. Samozřejmě není vše tak přímočaře jednoduché, jak jsme právě popsali, ale s jistou dávkou zjednodušení platí tento scénář i v lidské společnosti. Proto se hezouni se symetrickým obličejem a hustými vlasy více líbí ženám, a pokud se k vnějšímu vzhledu přidá i další nefalšovatelný znak v podobě sportovního auta a zlaté kreditky, je úspěch zaručen. I u lidí jde



Paraziti a pohlavní výběr

Vliv parazitů na evoluci hostitelů je nezpochybnitelný. V průběhu času vyvolal tlak parazitárních organismů na hostitele celou škálu nových obranných vlastností a jevů. K nejzásadnějším jednoznačně patří „vynález“ sexuálního rozmnožování, které vede ke vzniku rozmanitého potomstva, na něž se patogenní organismy hůře adaptují. Stejně tak je důležitou novinkou například schopnost vnímat krásu, která umožňuje samicím vybrat si kvalitnějšího samce a tím zajistit potomstvu dobré geny, lépe ochraňující před různými patogeny. Příkladem obojího může být páv a jeho doširoka rozevřený ocasní vějíř, na který láká samičky. (Zdroj: Iva Kolářová)

přece hlavně o prezentaci kvalitních samčích genů, které zaručují zdraví a odolnost vůči parazitům (vzhled) i úspěch ve společnosti (bohatství) a které budou přeneseny do potomků ženy, jež si takového muže vybere.

Paraziti jsou tedy evolučně zodpovědní za mnoho novinek, bez kterých si svůj život nedovedeme vůbec představit. Jen díky nim jsme to, co jsme. Bez nich by tuto knihu četli dýchaviční jednobuněční asexuální tvorové bez špetky estetického citění.

Ktož sú boží bojovníci aneb využití parazitů v biologickém boji

Chceme-li zničit nějaké škůdce či nezané návštěvníky, popřípadě alespoň omezit jejich počty, máme hned několik možností.

Nejčastěji je volen chemický způsob boje, kdy aplikujeme toxicou látku, která nezané hosty zabije nebo alespoň vážně poškodí. Lidstvo produkuje a následně používá obrovské množství herbicidů (k ničení rostlin), fungicidů (na likvidaci hub), insekticidů (na hmyz), rodenticidů (na zabíjení hlodavců) a mnoho dalších organocidů na likvidaci všemožných dalších organismů. Samotné chemické látky jsou však poměrně drahé a rovněž jejich aplikace, často navíc s nutností opakování, zvyšuje finanční náklady. Navíc je většina těchto látek částečně jedovatá i pro nás nebo chovaná zvířata, nemluvě o negativním dopadu na přírodu.

Máme však i jinou možnost, jak bojovat se škůdci, a tou je použití různých patogenů, tedy parazitů a parazitoidů*. V ideálním případě vneseme patogenní organismus do systému a parazit si svého hostitele (v našem případě nežádoucího škůdce) najde sám. Napadne ho a zabije nebo alespoň omezí jeho aktivitu a reprodukční potenciál. Myšlenka využití parazitů v biologickém boji se zrodila již koncem 19. století a byla jednoduchá: parazit je levný a neúnavný zabijáč. Je schopen svého hostitele (škůdce) najít, proniknout do jeho těla, přemoci jeho imunitní systém a v mnoha případech jej i zabít.

* Parazitoid je parazitický druh, který však svého hostitele vždy zabíjí. Nejčastěji se jedná o různé parazitoidní vosičky, jejichž potomstvo se vyvíjí v larválních stádiích (například v housenkách) hmyzu.

V biologickém boji se nám téměř nikdy nepodaří daného škůdce zcela vyhubit. Ale podstatné je, že se většinou podaří snížit jeho četnost a omezit jeho negativní působení na snesitelnou mez. Jinými slovy, udržet škůdce pod kontrolou. Ale i tento způsob boje se škůdci má svá rizika. Hlavně existují oprávněné obavy, že parazit kromě škůdce napadne i ostatní organismy. Proto je nutné hledat takové patogeny, u nichž se projevuje co nejvyšší hostitelská specializace.

Mezi rostlinnými škůdci je mnoho takových, kteří se dostali do nového prostředí spolu s hostitelskými rostlinami a tímto přesunem často unikli svým specializovaným parazitům, které zanechali ve své původní domovině. Dovezení a vypuštění těchto parazitů do míst výskytu škůdců tedy můžeme považovat za obnovení přirozených vazeb. Například parazitické vosičky a mouchy dokážou cíleně zabíjet mšice, puklice, různé brouky a mnohé další škůdce.

Klasickou ukázkou biologického boje je případ manioku neboli kasavy, která je pro tropickou Afriku jednou z hlavních potravinových rostlin. V 70. letech minulého století však začal africká pole manioku ničit rostlinný parazit, červec maniokový. Škody na polích byly tak rozsáhlé, že to vypadalo na úplnou katastrofu a následný hladomor. Maniok i jeho škůdce pocházejí ze Střední Ameriky, a proto byla snaha právě tam hledat i původní parazity tohoto červce. Po dlouhém úsilí byla nakonec objevena parazitická vosička, specializující se právě jen na maniokové červce. Během dvou let se podařilo vosičky namnožit a úspěšně vysadit v postižených oblastech. Úspěch byl fenomenální. V současné době již není v Africe maniokový červec vážným problémem.

Obdobně se na celém světě využívají parazitické vosičky drobněnky, které napadají vajíčka zavíječe kukuřičného i mnoho dalších škůdců, včetně housenic pilatek. Další druhy parazitických vosiček zabíjejí molice, mšice a jiné škůdce na polích, v sadech i ve sklenících. K likvidaci škůdců, včetně obávaných slimáků, poslouží i mnohé další parazitické druhy, například hlístice. Na potlačení sarančí stěhovavých se používají hmyzomorky (mikrosporidie), na ničení larev komárů se i v naší republice aplikuje bakterie *Bacillus thuringiensis* a na skladištní škůdce nebo trásněnky si lze koupit dravé roztoče. Patogeny však lze využít i k omezení výskytu mnohem větších živočichů.