

Mafiánské kukačky a tyranští mravenci

Kukačky nutí hostitele vychovávat parazitická mláďata

TOMÁŠ GRIM

O vědních oborech, které se věnují spíše mechanismům biologických jevů (např. molekulární nebo vývojová biologie), se na stránkách populárního tisku většinou žádné adrenalinové debaty nerozvíjejí (genetika klonování budiž výjimkou). Poznatky těchto odvětví přicházejí ze světa, které jsou tomu našemu lidskému příliš cizí a vzdálené, takže v laikovi bohužel často vyvolávají jen náznak zájmu smíšeného s podivem. Na druhé straně evoluční biologie či behaviorální ekologie ze samé své podstaty nutně drnká na skryté struny našich myslí – jsme sociální tvorové posedlí vyprávěním příběhů; co není prezentováno formou příběhu, je nestravitelná nuda. (Jak jste si ve škole zapamatovali, ve kterém ovoci se který vitamin vyskytuje, a jak vám utkvěl v hlavě popis Kolumbova pachtění do západní Indie?) V hlavě evolučně orientovaného biologa se tak mohou zrodit kdejaké podivnosti poukávající pozornost.*

Kukaččí mafie

Jeden z nápadů na první pohled šílených vypučel v mozkových závitech Amotze Zahaviho – legendární postavy evoluční biologie, nejdříve haněného, a nakonec oslavovaného autora hendikepového principu (Vesmír 79, 625, 1999/11). V roce 1979 ho (zřejmě při sledování napínavých izraelských thrillerů) napadlo, že existence mafie (tj. struktury, která postihuje nedostatečně loajální jedince) nemusí být unikátním lidským znakem, ale mohla vzniknout i u jiného druhu žijícího v podobných ekologických

podmínkách. Co třeba takové kukačky? Tvorové s ne zrovna nejlepším morálním profilem jako by se pro úlohu zvířecích mafiánů přímo vylíhli. Tito paraziti dotáhli reprodukční dělbů práce mezi plozením potomstva a staráním se o potomstvo do naprostého extrému – kukačky plodí, pěstouni se starají. Osвобоzeny od rodičovských povinností mají kukačky spoustu volného času, takže by podle mafiánské hypotézy Amotze mohly provádět „kontrolní návštěvy“ hnízd svých hostitelů a pěkně po mafiánsku trestat ty, kteří nebyli hodní a bránili se tím, že kukaččí vejce vyhodili. Zahavi se domníval, že takovým chováním by parazitický pták mohl donutit svého hostitele, aby mláďata parazita vyladil a vychoval, i kdyby byl schopen parazitická vejce rozpoznat a diskriminovat je.

Tato hypotéza je zjevně tak přitažená za vlasy, tak antropomorfní, a navíc sociomorfní, že snad ani nikoho nepřekvapí, že se bezmála dvě desetiletí po publikování potvrdila, a to u kukačky chocholaté (*Clamator glandarius*). Tento původně africký druh je jihoevropským protějškem naší kukačky obecné (*Cuculus canorus*). Svá vejce klade hlavně do hnízd straky obecné (*Pica pica*). Výzkumná skupina Manuela Solera prohánila kukačky chocholaté po andaluských mandloňových sadech už dobrých dvacet let. Testovala mimo jiné i mafiánskou hypotézu. Solerovi v některých parazitovaných hnízdech kukaččí vejce nechávali, v jiných je odebírali. Tato z našeho pokřiveného humánního pohledu chvályhodná činnost však odparazitovaným hostitelům nic dobrého nepřinesla – hnízda, kde byla vejce odebrána, byla pětkrát častěji vyplněna než hnízda ponechaná „neblahému“ osudu. Ukázalo se, že žádná smysluplná vlastnost prostředí (např. nalezitelnost hnízda) nedokáže vysvětlit rozdíl v intenzitě predace (není divu – mandloňové sady jižního Španělska jsou mimořádně stejnorodým prostředím).

Tento výsledek hypotézu o mafiánských manýrách kukaček chocholatých podporuje, ale důkaz je to nepřímý. Proto byly kukačky sledovány pomocí vysílaček a skutečně se podařilo zaznamenat samice navštěvující stračí hnízda a plenící ta, která byla kukaččích vajec zbavena. Kukačky chocholaté jsou čistě hmyzožravé a při likvidaci hnízd hostitelů jejich vejce pouze naklovou – nežerou je, jako to dělá kukačka obecná. (Zda snůšku zlikvidovala kukačka chocholatá, nebo nějaký predátor, lze tedy snadno poznat i zpětně.) Jaký je smysl kukaččího chování? Paraziti využívají toho, že straky po zničení první snůšky zahnízdí znovu, a vytvářejí si tak příležitost napravit neúspěch prvního parazitického pokusu.

Co ale dělat, když je parazitována i náhradní snůška? Jasná odpověď zní: starat se o kukaččí mláďe, a to i v případě, že hostitel cizí vejce rozpozná (což je vysoce pravděpodobné a závisí to pouze na kvalitě mimikry kukaččích vajec – rozpoznávací schop-

Kukačka chocholatá (*Clamator glandarius*), kresba © Jan Hošek



* Ne že by se nerodily i v hlavě molekulárně – to, že se v procesu translace v eukaryotické buňce „vazbou přediniciačního komplexu k mRNA za spolupůsobení faktorů *eIF1*, *eIF4A* a *eIF4B* vytvoří za hydrolyzy ATP iniciační komplex $GTP \cdot eIF2 \cdot Met-tRNA^{Met}$, 40S. mRNA. *eIF3*, *eIF4C*, *eIF4A*, *eIF4B*, *eIF1*“ (viz S. Rosypal a kol.: Molekulární genetika, SPN, Praha 1989, s. 177), je příběh dosti podivuhodný a žádný student biologie ho zajisté nezapomene, ale vyprávění je bez zápletky a pointě nikdo nerozumí.

Mgr. Tomáš Grim, Ph.D., (*1973) vystudoval zoologii na Přírodovědecké fakultě MU v Brně. Na katedře zoologie Univerzity Palackého v Olomouci se zabývá etologií hnízdního parazitizmu. (www.zoologie.upol.cz/osoby/grim.htm)

nost hostitel nutně má, jinak by nevyhodil parazitické vejce při prvním hnízdění). Taková na první pohled absurdní odpověď vyplývá z toho, že při vyplnění druhé snůšky je už příliš pozdě na třetí hnízdění pokus.

Druhý pokus parazitovat hostitele bývá skutečně úspěšnější než pokus první – hostitelé nejsou hloupí, vědí, co by je čekalo, kdyby zase kukaččí vejce vyhodili, a tak mění své chování v průběhu jediné sezony – jednoduše přepnou program „vyhazuj“ na program „akceptuj a buď hodným pěstounem“. (Straky, které nebyly parazitovány kukaččími vejci, ale jejich hnízda byla zničena, své chování během sezony nemění!) Tato strategie funguje pouze proto, že mládě kukačky chocholaté na rozdíl od kukačky obecné nevyhazuje hostitelova vejce nebo mláďata. Přestože parazitické mládě zlikviduje konkurencí o potravu skoro všechny nevlastní bratříčky a sestřičky, je pro straky pořád výhodnější kukačku akceptovat než vyhodit. Straky, které kukaččí vejce přijmou, nějaká vlastní mláďata občas vychovávají. Straky, které vejce vyhodí, nevychovají nic. V prostředí zamořeném mafiány je lepší platit a něco málo si uchovat než neplatit a ztratit vše.

Na pravděpodobnost přijetí kukaččího vejce v náhradní snůšce má rozhodující vliv intenzita parazitace. V oblastech, kde je parazitováno jen málo stračích hnízd, změni své chování zanedbatelné množství hostitelských párů. Naopak v populacích zatížených vysokou frekvencí parazitizmu přejde z odmítacího na přijímací chování 90 % strak. V oblastech s vyšším výskytem kukaček je riziko parazitace náhradní snůšky samozřejmě větší, takže rozdílné změny v chování hostitelů mezi různě intenzivně parazitovanými populacemi dávají jasný adaptivní smysl.

Brilantní práce M. Solera a jeho spolupracovníků ukázaly, že straky akceptující kukaččí vejce mají mnohdy vyšší sezonní reprodukční úspěch než straky, které odmítají vychovat parazitické mládě. Jak je pak ale možné, že se v populaci udržuje strategie vyhazování parazitického vejce? Důvodů je zřejmě více. Zda je pro konkrétní stračí pár výhodnější kukaččí vejce odmítnout, nebo přijmout, závisí na řadě faktorů, jako je třeba chování kukaček, frekvence parazitace, kvalita rodičů a jejich teritoria. Kromě toho ne všechna odparazitovaná hnízda jsou nalezena kukačkami a vyplněna. A v důsledku toho se v populaci udržuje stabilní kombinace obou strategií. Zkrátka pro některé hostitele je za určitých podmínek výhodnější, když kukaččí vejce přijmou, pro jiné, když ho vyhodí.

Parazitace může dokonce hostiteli přinášet malou výhodu. Samice kukaček totiž tráví svůj volný čas také aktivní obranou hnízd, která parazitovaly – vydávají varovné hlasy a útočí na potenciální nepřátele ochomýtající se kolem parazitovaných stračích hnízd. Toto chování docela funguje. Hnízda, na jejichž obraně se podílely kukačky chocholaté, se stávala obětí predátorů méně často než hnízda hájená pouze strakami. Kukaččí mafie, jako každá jiná slušná zločinecká organizace, drží ochrannou ruku jen nad těmi, kteří za ochranu platí. Toto podivuhodné chování kukaččích samic kompenzuje hostiteli výdaje spojené s parazitizmem, a tím snižuje selekční tlak na evoluci obranného chování strak. U kukačky obecné se mafiánské choutky zřejmě nevytvořily. Není divu – mafii zjevně svědčí teplý jih (takovým Laponcům nebo Hanákům se krev na bod varu rozehřívá dost ztuha).

Proč lákat parazita k hnízdu?

Absurdní situaci, kdy v zájmu hostitele je nebránit parazitovi, najdeme i na druhé straně Atlantiku. Severoameričtí strnadi zpěvní (*Melospiza melodia*) se chovají podivně. Staří jedinci aktivně útočí na samice parazitických vlvovců hnědohlavých (*Molothrus ater*), které hledají hnízda potenciálních hostitelů. Mladí jedinci to ještě neumějí. Průsvih pro strnady je v tom, že samice vlvovců využívají jejich nápadné chování k lokalizaci parazitovatelných hnízd. Nakonec jsou starší a zkušenější strnadi parazitováni víc než mladší naivní jedinci. Pro vlvovce to má jasnou výhodu – starší páry strnadů jsou lepšími rodiči a vyhlídky mladých vlvovců na přežití jsou tedy podstatně růžovější, než kdyby se ocitli v hnízdech mladých strnadů.

Ale proč se strnadi chovají tak hloupě? Paradoxní odpověď zní, že pro starší jedince je možná výhodnější být parazitován. Pokud se samice vlvovce podaří parazitovat strnada během doby, kdy klade vejce, tak samice parazita nezničí hostitelovu snůšku. To by udělala v případě, kdyby našla hnízdo hostitele příliš pozdě, tj. kdyby už hostitel seděl na vejcích. Staří strnadi (a pěvci obecně) začínají hnízdit dříve než mladí a nezkušení. Samice vlvovce během hnízdění sezony najde postupně téměř všechna hnízda strnadů ve svém teritoriu. Z těchto zjištění vyplývá, že pro staršího strnada je výhodnější odchovat mládě vlvovce i svá mláďata (mladí vlvovci nevyhazují obsah hostitelova hnízda) než riskovat pozdější nalezení hnízda a predaci celé snůšky. Opět je lepší zaplatit málo než neplatit a přijít reprodukčně na buben. Proč se ale podobně nechovají mladší páry strnadů zpěvných? Výdaje spojené s vyhováním parazitického mláďete jsou pro ně samozřejmě vyšší než pro starší hostitele, takže adaptivnější strategií je spolehnout se na to, že je samice vlvovce třeba nenajdou.

Mafiáni jsou všude kolem nás (i v nás)

Podstata mafiánského efektu spočívá v tom, že jedině, proti kterému je namířena nějaká obrana, činí svým chováním tuto obranu příliš ekonomicky nákladnou, a tudíž nevýhodnou. Je tedy možné, že mafiánský mechanismus není omezen jen na hnízdění parazity.

Podívejme se třeba na parazitické genetické elementy zvané retrovirové transpozony. Potomstvo hostitele, který se jich zbaví, má narušený ontogenetický vývoj. Mafiánskou hypotézou by bylo možné vysvětlit také fenomén *cytoplazmatické inkompatibility* (samice neinfikovaná bakteriemi má při křížení s infikovaným samcem méně potomstva, zatímco infikovaná je normálně plodná). Cytoplazmatická inkompatibilita u hmyzu a dalších bezobratlých je způsobena vnitrobuněčnými parazity (např. rodu *Wolbachia*). Potomstvo hostitele, který nepředá *Wolbachie* do další generace, má při křížení s infikovanou linií sniženou reprodukční úspěšnost. Mafiánsky se chovají i známé a jinak neškodné bakterie jako *Escherichia coli*. Ty se stávají silně virulentními při intenzivní léčbě antibiotiky. Hostitel, který nechtěně vyvolá „dojem“, že se brání, je penalizován zvýšenou patogenitou bakterie. Zvýšená intenzita obrany hostitele vede k zvýšené virulenci patogena.

Mafiánský efekt zřejmě funguje i v případě, kdy je hostitel parazitován více parazity různě virulentními. Například parazitická houba *Cryphonectria parasitica* napadající kaštanovníky (*Castanea*) způsobuje blokádu výměny živin a vody mezi kořeny a listy. Existuje také nízkovirulentní kmen houby,

PODMÍNĚNÁ VIRULENCE PARAZITŮ

Závody ve zbrojení mohly vést i k evoluci podmíněné virulence parazitů. Reakce hostitele a parazita nemusejí být konstantní, ale mohou záviset na reakcích druhé strany. Parazit nemusí být virulentní, dokud se hostitel nebrání. Jakmile se hostitel začne bránit, stane se parazit virulentním, a tím pokutuje hostitele, který se s parazitací „nesmířil“. Hostitel tak zbytečně investoval do obrany, která neměla žádný efekt, a zbylo mu méně zdrojů na zajištění ostatních životních funkcí. Oběť parazitace, která zvyšuje intenzitu obrany, nezvyší svou reprodukční úspěšnost, protože parazit včas změní své chování. Virulence podmíněná tím, co dělá hostitel, pomáhá parazitovi k vyššímu reprodukčnímu úspěchu a má výhodu i pro hostitele – v populaci napadené mafiánským parazitem, který má možnost volby, budou hostitelé méně zdrojů utrácet na obranné mechanismy jednoduše proto, že se jim to nevyplatí. Pokud jsou reakce hostitele i parazita vzájemně podmíněné, ustaví se nakonec rovnovážná úroveň rezistence a virulence. Takový stav vede k vyšší reprodukční úspěšnosti hostitele i parazita než stav vysoké rezistence nebo vysoké virulence. Tolerovat tyranii se občas vyplácí.

kteřý poskytuje rostlině odolnost vůči smrtícímu kmenu. Na případnou obranu proti nízkovirulentnímu obránci-parazitovi by ovšem kaštanovník těžce doplatil, kdyby byl parazitován virulentním kmenem.

Jiným zajímavým příkladem mezidruhového „donucovacího“ chování může být vztah mezi mravenci a mšicemi. Ten bývá klasickým příkladem komenzalizmu (neškodného přizivnictví): Mravenci brání mšice proti predátorům, za což mšice platí cukernatými šťávami, které vysávají z rostlin. Mravenci ovšem mšice někdy i žerou, a to právě tehdy, když se mšice pokoušejí podvádět (tj. když poskytují nekvalitní medovici nebo jí produkují málo). Každá rozumná mšice si pak ztraceně rozmyslí, jestli bude švindlovat.

Podle mafiánských pravidel se mohou chovat nejen živočichové při mezidruhových interakcích, jak tomu bylo ve všech předešlých příkladech, ale i jedinci uvnitř druhu. U sociálně žijících druhů, ať už jde o sicilské mafiány či jiné primáty, mohou dominantní jedinci pokutovat nedostatečně loajální podřízené třeba ostrakizmem (vyločením ze sociální jednotky). Tyranské choutky nedokázali bdělému zraku výzkumníků skrýt ani papoušci kea (*Nestor notabilis*). Ti byli testováni ve zvláštním zařízení. K získání potravy museli spolupracovat dva jedinci, ale pouze jeden mohl získanou potravu pozřít. Ukázalo se, že dominantní jedinec donutil podřízeného, aby otvíral zařízení skrývající potravu. Podřízenému jedinci to přineslo jedinou výhodu – nebyl potrestán dominantním mafiánem za nedostatečnou servilitu.

Mafiánský mechanismus obecně spočívá ve zvyšování výdajů spojených s obranou proti nějakému negativnímu vlivu. Zvyšování nákladnosti obrany je výsledkem zpětnovazebné interakce zúčastněných stran. Třeba v případě kukaček parazit „naučí“ hostitele, že je lepší obětovat část svých zdrojů parazitovi než nesmyslně utrácet mnohem víc za obranu, která k ničemu rozumnému nevede. Analogické procesy zřejmě probíhají v přírodě na mnoha úrovních, od molekulární (retrovirové transpozony) a buněčné (*Wolbachia*) až po chování individuálních organismů mezi druhy a uvnitř druhu. Chapadla mafie pronikají celým světem, ve kterém žijeme – komisař Catani by se divil. □

Chudí a bohatí: triky a pověry

Jak je rozděleno bohatství ve společnosti

FRANTIŠEK SLANINA

K majetkové nerovnosti lze přistupovat různě. Někdo bude vysvětlovat a posvětlovat *status quo* vyššími ideologickými principy, jiný zapojí jiné vyšší principy do služeb ekonomické transformace, která má s dosavadní praxí skoncovat a přinést nové, spravedlivé a fungující rozdělení bohatství. Vědecký přístup se snaží přilížit se do ideologické mely nezamíchat a brát bohatství a chudobu jako přírodní jevy, které chceme fenomenologicky popsat a jejich mechanismus matematicky modelovat.

Nejdříve se tedy musí provést statistická analýza bohatství ve společnosti. Jako první se do takové analýzy pustil Vilfredo Pareto, a to již roku 1897 ve svém Kurzu politické ekonomie. Šlo mu o to zjistit, jak velká část obyvatelstva patří do jednotlivých příjmových kategorií. Jelikož roční příjem každého občana lze (teoreticky) snadno zjistit podle toho, kolik zaplatí na daních, lze údaje z finančních úřadů velmi pohodlně využít k statistice příjmů. Rozdělíme si například občany České republiky do škatulek odstupňovaných po 10 000 Kč ročního příjmu, takže první škatulka bude zahrnovat všechny, jejichž příjem je od 0 do 10 000 Kč, druhá všechny s příjmem od 10 000 do 20 000, patnáctá od 140 000 do 150 000 atd. Funkce $P(x)$, pravděpodobnostní hustota, bude říkat, jaká je relativní četnost lidí v x -té škatulce.

Výsledek, ke kterému dospěl Pareto a po něm i další, byl překvapivý: Ve všech studovaných zemích a časových obdobích, po dobu dlouhých a bouřlivých sta let (jak konstatovali ve svém článku z roku 1997, tedy právě 100 let po Paretovi, Moshe Levy a Sorin Solomon) se matematická funkce popisující rozložení bohatství téměř nemění. Pravděpodobnostní hustota má tvar mocniny, čili $P(x)=x^{-\alpha}$. Tato závislost se na počest svého objevitele nazývá Paretův zákon.

Proč je právě taková funkce tak zajímavá? Souvisí to se zájmem o fraktální objekty, tj. takové, které se skládají ze stále se opakujících, zmenšujících se do sebe vložených tvarů, jaké vytvářejí například obrysy listů kapradin, ledové květy na oknech a jiné. Tyto geometrické tvary se vyznačují tím, že když z nich vyřizneme detail, a pak jej zvětšíme do velikosti původního obrázku, dostaneme tentýž tvar (alespoň

RNDr. František Slanina, CSc., (*1962) vystudoval Matematicko-fyzikální fakultu UK. Ve Fyzikálním ústavu AV ČR se zabývá počítačovým modelováním komplexních jevů, například evoluce.