

Proč je malých zvířat víc než velkých

Může to být náhoda, větší specializovanost malých zvířat, rychlejší vymírání těch velkých, anebo něco úplně jiného?

DAVID STORCH



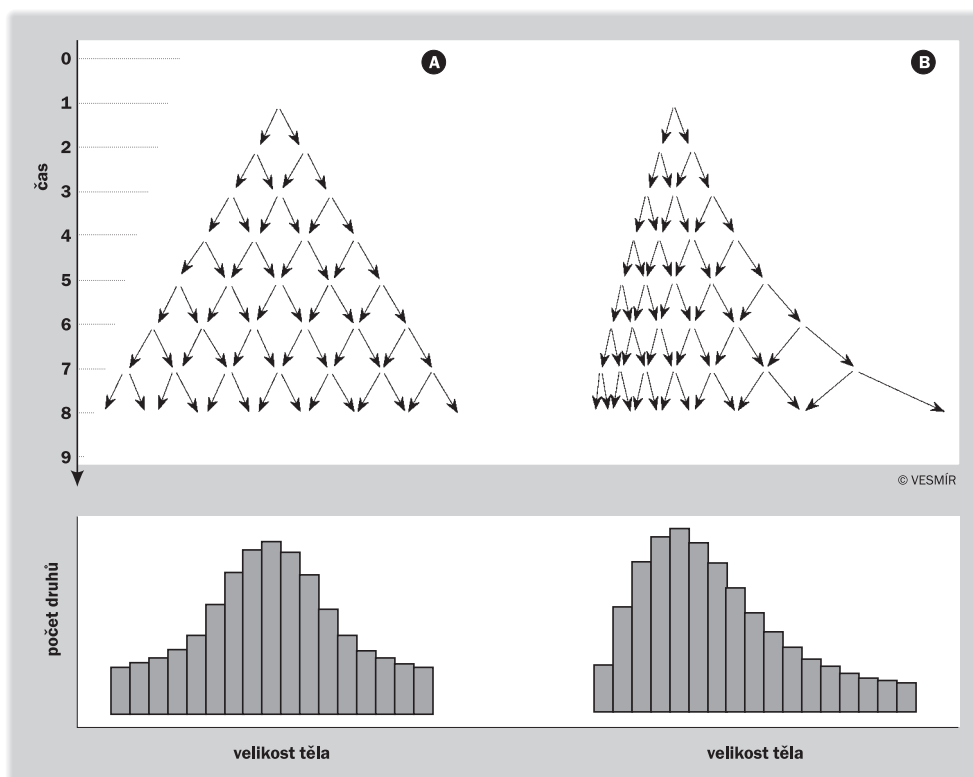
Tělesná velikost je strašně důležitá vlastnost zvířat, poněvadž souvisí prakticky se všemi ostatními vlastnostmi: se způsobem života, generační dobou, příjmem a zužitkováním energie, schopností odolávat nepřízní prostředí. Malých zvířat je přitom o hodně víc než velkých. Na tom není nic divného, pokud uvažujeme jen o počtu jedinců: malá zvířata mohou mít početnější populace, poněvadž se víc jedinců uživí na daném zdroji. Je známo (viz Vesmír 76, 495, 1997/9), že energie, kterou daný druh spotřebuje na určité ploše, nezávisí na tělesné velikosti – oč víc spotřebují větší živočichové energie, o to jsou méně početní. Z tohoto pravidla, nazývaného „pravidlo energetické ekvivalence“, přímo plyne, že menší živočichové budou v průměru početnější. Situace bude ale složitější, pokud budeme hovořit o počtu druhů a budeme se ptát, proč je víc druhů malých zvířat než velkých.

To, že malých zvířat je co do počtu druhů více než velkých, je jedna z obecných zákonitostí uspořádání živého světa. Platí pro celou živočišnou říši, ale i v rámci každé živočišné skupiny. To je důležité, poněvadž kdyby to platilo jen pro živočišnou říši jako celek, mohli bychom to jednoduše svést třeba na skutečnost, že druhů členovců (kterým v dosažení větších velikostí brání hlavně fyziologická omezení) je mnohem víc než všech ostatních živočichů. Takhle ale musíme hledat nějaká jiná, co nejobecnější vysvětlení.

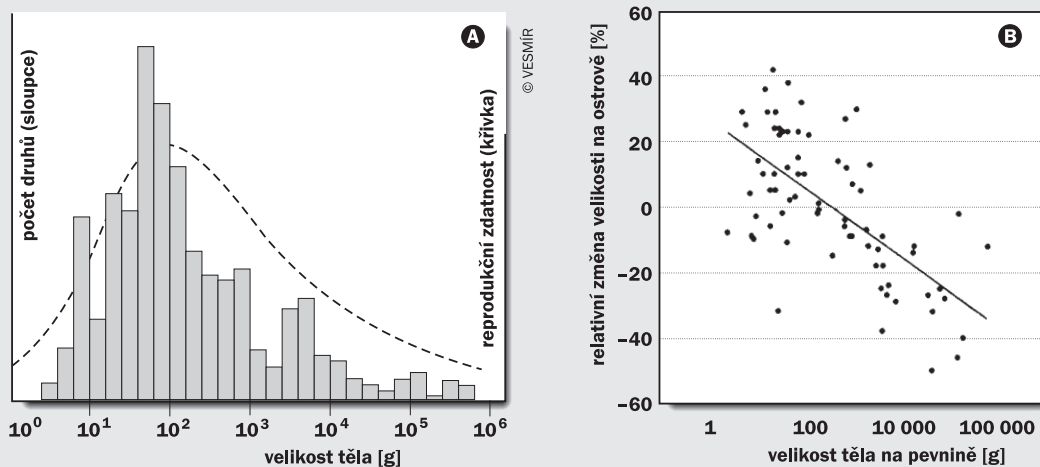
Náhodná evoluce

Když se zamýšlíme nad nějakým jevem, je třeba nejprve uvážit, zda nemůže být výsledkem pouhé náhody, tj. musíme zkoumat, jak by situace vypadala, když by hrály roli pouze náhodné procesy. Tomu se říká nulová hypotéza. Slovo *náhoda* je ovšem dosti ošemetné. Ve skutečnosti to totiž neznamená, že dané procesy nemají žádné příčiny, ale že ty konkrétní příčiny nás v daném okamžiku nezajímají a pokládáme je za irelevantní. Jediné, co o těchto procesech předpokládáme, je určitá pravděpodobnost, s níž nastávají. Nulovou hypotézu tedy konstruujeme na základě znalosti určitého rozložení pravděpodobnosti, s níž určité procesy nastávají, a na základě některých dalších znalostí o probíhajících procesech.

V našem případě bychom mohli uvažovat třeba o postupném vznikání druhů z jednoho předka (viz obr. 1). Kdyby byla pravděpodobnost změny velikosti o určitou hodnotu ve všech případech stejná, výsledkem postupného štěpení evolučních linií by bylo normální rozložení – nejvíc druhů by mělo velikost přibližně odpovídající velikosti společného předka a směrem k menším i větším velikostem by se druhová početnost snižovala stejně rychle. Ta pravděpodobnost ale ve skutečnosti není stejná, poněvadž zvětšení zvířete třeba o metr je celkem pravděpodobné u kytovce, ale zcela nemožné u hmyzu. Dochází



1. Evoluce tělesných velikostí. Šipky označují hypotetické evoluční „dráhy“ směrem k různým tělesným velikostem. Náhodná cesta jednotlivých druhů po těchto „drahách“ povede k přibližně normálnímu rozložení, pokud pravděpodobnost změny velikosti o danou hodnotu bude konstantní (A), ale k lognormálnímu rozložení, pokud pravděpodobnost změny na určitý násobek původní velikosti bude konstantní (B).



2. (A) Rozložení hmotností savců (sloupce) a teoreticky odvozená závislost tělesné hmotnosti a reprodukční zdatnosti (přerušovaná čára). Na vodorovné ose jsou jednotlivé velikostní třídy v logaritmickém měřítku. (B) Vztah mezi tělesnou hmotností, kterou živočich dosahuje na pevnině, a relativní změnou jeho hmotnosti na ostrově (na příkladu savců). Čím je velikost živočicha vzdálenější od optima (100 g, viz A), tím rychleji se mění směrem k tomuto optimu.

totiž ke změnám jen *na určitý násobek* původní velikosti, nikoli *o určitou hodnotu*: velikost tedy nekolísá na normální škále, ale na škále logaritmické. Výsledné rozložení velikostí by tedy nemělo být normální, ale lognormální (viz Vesmír 77, 263, 1998/5), což je rozložení výrazně posunuté směrem k menším hodnotám. Jinak řečeno, menších zvířat by mělo být víc proto, že na rozdíl od velkých zvířat mohou být absolutní změny jejich tělesné velikosti jen malé, a proto v průběhu evoluce zůstávají relativně dlouho ve své velikostní kategorii.

Podle nulové hypotézy by rozložení tělesných velikostí různých druhů mělo být zhruba lognormální. Skutečné rozložení je ale proti lognormálnímu ještě více posunuto směrem k menším tělesným velikostem (viz např. obr. 2 A), a proto je třeba hledat další vysvětlení.

Větší specializovanost malých zvířat

Dlouho se předpokládalo, že malá zvířata jsou specializovanější, mohou si tedy mezi sebou zdroje lépe rozdělit a zamezit tak mezidruhové konkurenci. Každé prostředí je mozaika více či méně rozdílných plošek, na něž se mohou specializovat malá zvířata, avšak nikoli velká. Tomu by nasvědčovala skutečnost, že rozdělení hmotností živočišných druhů v rámci jednotlivých homogenních typů prostředí je mnohem rovnoměrnější, tj. v rámci homogenních ploch najdeme relativně méně menších zvířat, než by odpovídalo obecnému tvaru rozložení. Mohlo by to být způsobeno právě tím, že menší druhy zvířat jsou specializovány na jednotlivé homogenní plochy (takže v rámci jedné z nich jich zachytíme relativně méně), zatímco ty větší se vyskytují všude.

Přestože představa větší specializovanosti menších zvířat docela odpovídá naší intuici, sama o sobě asi nestačí. Neriká totiž přesně, proč by vůbec měla být menší zvířata specializovanější. O tom jsou následující dvě hypotézy.

Menší zvířata mohou být početnější, a tedy méně náchylná k vymření

Podle této představy si velká zvířata nemohou dovolit být specializovanější, tedy využívat užší spektrum zdrojů, poněvadž jejich populace by zákonitě musely být menší. Menší populace mají vyšší pravděpodobnost vymření (viz Vesmír 77, 616, 1998/11), protože je snadno zahubí i malá změna prostředí. Evoluci si můžeme představit jako stálé vznikání a zanikání druhů, přičemž větší druhy zanikají čas-

těji, poněvadž se buď specializují (ale pak jsou méně početné, a tedy náchylné k náhodnému vymření), anebo se nespécializují, ale pak si nutně konkurují s ostatními nespécializovanými druhy. Mezidruhová konkurence může vést buď přímo k vytlačení jednoho druhu jiným, anebo přinejmenším ke zmenšení populačních početností alespoň jednoho druhu, a tedy opět k zvýšení pravděpodobnosti vymření.

Zmíněnou hypotézu lze formulovat ještě obecněji, aniž přitom máme nutně na mysli specializovanost na různé plošky prostředí: menší zvířata spotřebují méně energie, a proto mají k dispozici vlastně *relativně* větší množství zdrojů. Mohou tak dosahovat větších početností a méně vymírat. Souvislost mezi nabídkou zdrojů a druhovou rozmanitostí najdeme třeba u mšic, kde počet druhů velmi dobře koresponduje s relativním zastoupením různých rostlinných tkání: relativně nižší zastoupení větších druhů mšic přesně odpovídá relativně nižšímu zastoupení těch typů tkání, které tyto větší mšice využívají.

Velikost zvířete ovlivňuje jeho „čtení“ prostředí

Když slon kráčí pralesem, každým krokem překročí pestrou mozaiku nejrůznějších typů prostředí, z nichž každý může být domovem určitého druhu brouka: spadlé větve a kmeny, ostrůvky mechu, různé byliny. Velcí brouci při svém putování zase mňejí pestrou mozaiku prostředí z hlediska nejrůznějších roztočů či půdních hlistů, o prvociích ani nemluvě. Velikost zvířete zkrátka určuje, co je pro něj důležité, slon nemůže rozlišovat krajinu v jemnějším měřítku, než by odpovídalo jeho rozměrum – přijímá totiž potravu určité velikosti, pohybuje se v oblasti o určité velikosti atd., a i jeho smysly jsou přizpůsobeny určitým měřítkům. Větší druhy musejí mít také větší teritoria, a proto si nemohou vybírat plošky v rámci nějaké jemné mozaiky prostředí. Větší druhy nemohou být více specializovány prostě proto, že detaily už leží mimo jejich rozlišovací schopnost.

Tato představa velmi dobře odpovídá přirozené intuici, ovšem na druhou stranu se v konkrétních případech (pokud nejsou tak banální jako zmíněné srovnání slonů a brouků) dost těžko potvrzuje či vyvrací. V její prospěch by svědčilo třeba to, že větší druhy parazitů často napadají větší druhy hostitelů, a není to tím, že by se na ty menší nevešly (rozměry těchto parazitů jsou v každém případě řádově menší). Velikost těla určitě do značné míry určuje měřítkovou

úroveň vnímání okolního světa, zatím o tom ale víme dost málo.

Optimalizace tělesné velikosti

Dosud všechny zmíněné hypotézy vysvětlovaly pouze převahu menších druhů. UVědomme si ale, že rozložení hmotností (obr. 2 A), jakkoli je šikmé, stále má svou levou část – směrem k velmi malým velikostem také ubývá počet druhů. Jedna z teorií proto předpokládá, že v rámci každé živočišné skupiny existuje určité velikostní optimum, kolem něhož jsou velikosti druhů rozloženy.

Proč by nějaká velikost vůbec měla být optimální, tj. taková, že větší i menší velikosti by byly méně výhodné? Zjednodušeně řečeno proto, že moc malá zvířata musí vynaložit hodně energie na sebeudržení (mají totiž relativně velké ztráty), zatímco příliš velká zvířata mají velké energetické náklady na svůj růst a množení. Někde mezi těmito extrémy je velikost odpovídající minimálním energetickým výdajům, a tedy maximální reprodukční zdatnosti. Ta je ovšem specifická pro danou taxonomickou skupinu zvířat a typ metabolismu (je zřejmé, že energetické příjmy a výdaje se budou lišit například mezi teplokrevnými a studenokrevnými živočichy).

Celá teorie je založena na dost komplikovaných bioenergetických výpočtech a na první pohled vypadá jako trochu přitažená za vlasy. Několik skutečností ji ale podporuje. Zaprvé vztah mezi tělesnou hmotností a energetickou účinností teoreticky spočítaný pro savce dost dobře odpovídá reálnému rozložení hmotností savců (obr. 2 A). Zadruhé na izolovaných plochách s omezeným počtem konkurujících druhů můžeme pozorovat jisté posuny velikostí směrem k onomu optimu (obr. 2 B). Zdá se, že když je omezena mezidruhová konkurence, evoluce vede ke změnám tělesné velikosti, a to tím více, čím dále je daný druh od onoho optima a čím více je ta konkurence

omezená. Tato představa řeší také jednu z největších záhad ostrovní biologie, totiž známý jev, že menší zvířata (třeba myši) se na ostrovech zvětšují, zatímco větší se zmenšují. Na některých středomořských ostrovech žili ještě poměrně nedávno sloni velcí jako tele; můžeme si představit, že bez konkurence jiných (menších) býložravců byli postupně zvýhodněni ti jedinci, kteří sice tolik nevyrostli, ale zato se mohli brzy rozmnožit. Podobně můžeme vysvětlit i postupné zmenšování téměř všech domácích zvířat předtím, než se ujalo cílené šlechtění (voli Přemysla Oráče byli velikosti asi tak dnešního berana).

Je to všechno způsobeno ještě něčím jiným?

Tělesná velikost je vlastnost, která je velmi výhodná z hlediska vědeckého bádání, poněvadž je snadno měřitelná a souvisí s mnoha jinými vlastnostmi organismů. Tato souvislost je ale zároveň nevýhodou – nikdy si totiž nemůžeme být jisti, jestli místo tělesné velikosti nestudujeme vlastně ty jiné vlastnosti. Větší počet malých druhů může souviset třeba s kratší generační dobou (viz Vesmír 77, 438, 1998/8), anebo s nějakou úplně jinou charakteristikou, která s tělesnou hmotností souvisí jen nepřímo. Ostatně to může být i případ na začátku zmíněného vztahu mezi tělesnou hmotností a počtem jedinců daného druhu. U ptáků žijících na území Velké Británie sice koreluje populační početnost s tělesnou hmotností, ovšem při detailnějším pohledu se zjistilo, že ještě lepšími korelátory populační početnosti jsou doba líhnutí a průměrná délka života – druhy, které se rychle líhnou a brzy umírají, jsou nejpočetnější (není ovšem úplně jasné proč). Není vyloučené, že za větší počet menších druhů je ve skutečnosti odpovědná nějaká podobná vlastnost. Pokud by se něco takového zjistilo, jistě bychom se dočkali množství dalších zajímavých hypotéz. □

O MOTÝLECH, VELIKOSTI A MEDIÁLNÍCH HVĚZDÁCH

◀◀ Snad v každém průvodci, propagačním letáku cestovní kanceláře nebo obecné přírodopisné příručce o Madagaskaru pro laiky se neustále opakuje několik „typických“ živočichů. Na prvním místě (nebo naopak na vygradovaném posledním, to podle naturelu autora) pochopitelně trůní chlupatí a roztomilí lemuři. Následují pestrí chameleoni a nějaká ta „tropická“ žabka. Pak přicházejí na řadu bezobratlí, reprezentovaní ovšem jen dvěma třemi pestrými druhy velkých motýlů. Noční motýl *Argema mittrei* z čeledi Attacidae je v tomto směru tak trochu mediální hvězdou. Kometa – jak tohoto motýla nazývají populární příručky – nechybí nikdy. Je to taková topmodelka madagaskarského hmyzu, zástupce více než sta tisíc druhů bezobratlých žijících na ostrově.

My lidé už máme takový (docela pochopitelný) zvyk, že svým blízkým příbuzným ve zvířecí říši věnujeme nejvíce pozornosti a nejvíce místa v knihách (a kupodivu o nich také skutečně nejvíce víme). Jak se po příčkách pomyslné zvířecí hierarchie vzdalujeme od primátů, a posléze od savců, či dokonce obratlovců, informací i zájmu ubývá. Vzniká tak kuriózní situace. Zatímco v přírodě je našich blízkých příbuzných pomálu a početně dominují ti ostatní, v literatuře o zvířatech je tomu právě naopak.

Zbývá otázka, podle jakého klíče vybíráme těch pár „šťastlivců“ z řad hmyzu a jiných bezobratlých, které zařazujeme do našich příruček. Odpověď je natolik banální, že se na to obvykle nikdo neptá. Vybíráme vždy druhy velké a barevné. Svět nás lidí je založen na optickém vnímání, a proto se nám líbí barvy. A jsme sami dosti velká zvířata, proto máme pochopení i pro jiné velké tvory. Zdájí se nám jaksí bližší, podobnější, ba příbuznější než ta droboť, která není skoro vidět. Není vidět... Není právě v tom jádro pudla? Rozměry našich těl předem stanovují měřítko našeho vnímání, naši rozlišovací schopnost (viz článek Davida Storcha, s. 377). Náš přirozený svět má prostě hranice – nejen ty rozměrové (odněkud někam), ale i velikostní. Co je menší než, řekněme, centimetr nebo milimetr, to už nás obvykle příliš nezajímá.

Uvažte sami. Jistě vás svým podivuhodným vzhledem zaujal pavouk na pérovce na s. 380. Zaujal by vás asi ještě více, kdybyste jej uviděli živého a měřil třeba 20 centimetrů – přesně tolik, kolik dorůstají v rozpětí křídel velcí samci *Argema mittrei*. Protože je ve skutečnosti docela maličký, zná jej jen

hrstka odborníků. A přesto po stránce biologické, morfologické, fylogenetické i ontogenetické, bionomické i taxonomické zůstává nepozoruhodnějším tvorem mezi všemi ostatními na této příloze.



Neobvyklá velikost však není tím jediným, čím je motýl *Argema mittrei* pozoruhodný. Zajímavá je i jeho symbolika v souvislosti se vztahy člověka k madagaskarské přírodě.

Tento obr žil ještě před pár desítkami let docela hojně ve všech vlhkých částech ostrova. Je tvorem nočním a nebyval proto spatřován až tak často. Při procházkách lesem v příhodnou hodinu však nebyl problém na něj narazit. Občas, lákán světly, přilétal i k lidským sídlům. Jak přibývalo na ostrově Evropanů, a především jak začal zkvétat obchod s Evropou a některými dalšími částmi světa, začala argema z madagaskarských lesů mizet. Důvod byl prozaický – rostla poptávka po mrtvých exemplářích připíchnutých špendlíkem a úhledně adjustovaných v ozdobné krabici. Přesto se argema v úhrnu nestala o mnoho vzácnější, než bývala dříve. Někteří chytřejší obchodníci podnikli její umělý chov a argema se přestěhovala z přírody do chatrných domorodých stavení.

Dnes se s ní lze setkat v „divočině“ opravdu vzácně. Běžně však žije v různých odchovných, soukromých zoologických zahrádkách (opravdu bývají tak malé, že nelze než použít zdrobnělinu), prodejních farmách ap. Obrázek to bývá vesměs dosti podobný. U stropu dřevěné nebo rákosové stavby visí na šňůrách úhledně srovnané kokony a na nich sem tam nějaký čerstvě vylíhnutý dospělec (na velkém snímku takto visí samec, na malém samice).

Osud madagaskarské (ale ostatně i jiné) přírody se osudu argemy velice podobá. Vně lidských sídel jí je stále méně a méně, uvnitř jí přibývá (viz také Vesmír 78, 42, 1999/1). Tam venku to brzy úplně zlikvidujeme, doma však chceme mít něco pěkného barevného, na čem můžou spočinout naše oči a čím uklidníme svou mysl. Problém je ale v rozsahu. Jednoho velkého motýla můžeme ještě do přírody vrátit – prozatím je dokonce ještě kam. (A když jej nevrátíme, moc se nestane, doplní pragmatici. A mají tak trochu pravdu.) V případě mnoha druhů, nebo dokonce celé živé přírody je to problematictější. Jsme omezení měřítkem vnímání, naši rozlišovací schopnosti. Zapomínáme na tvory, kteří svou velikostí do „našeho“ světa nespadají, nikdy se k nám „domů“ nepřestěhovali ani nepřestěhují, a proto jejich zániku moc neželíme. A takových je drtivá většina. Pavel Hošek