

Odpověď na každou otázku

Proč existují jen dvě pohlaví a ne tři nebo třeba tisíc? Existuje vůbec nějaký živočišný druh s větším počtem pohlaví?

(Otázka vzešla z četby recenze T. Grima na knihu M. Ridleyho „Červená královna“, Vesmír 78, 700, 1999/12.)

Martin Čapek

(e-mail: martin.capik@worldonline.cz)

PROČ EXISTUJÍ PŘÁVĚ DVĚ POHLAVÍ?

Myslím, že touto otázkou si láme hlavu víc lidí. Je opravdu podivuhodné, že máme pouze dvě pohlaví. Bylo by pro nás totiž mnohem lepší, kdybychom byli hermafroditi. Za to, že bychom od partnera přijali spermie, by naoplátku i on musel vzít ty naše. Pak bychom měli dvojnásobný počet potomků a mohli se těšit z naprosté partnerské rovnosti. Evoluce si však nevybírá vždy to nejvýhodnější řešení.

S možným vysvětlením vzniku dvou rozdílných pohlaví přišel na začátku devadesátých let evoluční biolog Laurence Hurst. Za všechno prý můžou mitochondriální geny. Pohlavně se rozmnožující tvorové vznikají splynutím dvou haploidních buněk – gamet. V nejjednodušším případě by obě pohlavní buňky mohly být úplně stejné, každá by budoucímu zárodku dodala polovinu jaderných genů a část cytoplazmy s mitochondriemi i jinými organelami. Jenomže právě to je zřejmě nemožné, protože dvě skupiny nepříbuzných mitochondrií se spolu v jedné buňce nenesou. Je to podobné jako nechat lovit dva rybáře v jednom rybníku, za chvíli v něm nezůstane jediná ryba. Žádnou si nešetří na horší časy, ten druhý rybář by ji beztak vylovil. V přírodě se nevyplatí spolupracovat, pokud to není nutné. Pro budoucí zárodek je lepší, když jsou všechny mitochondrie jedné gamety předem zlikvidovány – předejde se tím jejich vzájemnému vyhlazování. To je první krok k rozlišení menší samčí gamety (spermie) a větší samičí gamety (vajíčka) čili předpoklad pro vznik dvou pohlaví.

Proč se většina zvířat přednostně hermafroditizmu vzdala a vytvořila si dvě různá pohlaví? Opět za to můžou mitochondriální geny. Evoluce jim zablokovala šíření prostřednictvím samčího pohlaví, takže

Pářící se perleťovci



NA TÉMA SEXU A POHLAVÍ VYŠLY VE VESMÍRU V POSLEDNÍ DOBY TYTO ČLÁNKY

Aixnerová R.: Život bez sexu, Vesmír 79, 546, 2000/10

Aixnerová R.: X chromozom a sexuálně antagonistické geny, Vesmír 79, 56, 2000/1

Aixnerová R.: Evoluce pohlavních chromozomů, Vesmír 78, 176, 1999/3

Cvrčková F.: Životně důležité tance, Vesmír 75, 505, 1996/9

Flegr J.: Evoluce pohlavního rozmnožování, Vesmír 74, 268, 1995/5

Koucká P.: Proč jsou násilné kopulace častější u hermafroditů?, 77, 416, 1998/7

Markoš A.: Tři zdroje a tři součásti oplození, Vesmír 76, 553, 1997/10

Mihulka S.: Nepoměr pohlaví u ptáků, Vesmír 77, 416, 1998/7

Sládeček F.: Teplota a určení pohlaví u vyšších obratlovců, Vesmír 76, 266, 1997/5

Sládeček F.: K významu sexuality v evoluci, Vesmír 74, 55, 1995/1

Storch D.: Konflikt mezi samci a samicemi je dynamičtější, než se zdálo, Vesmír 75, 475, 1996/8

Štys P.: Morfologie milování I. a II., Vesmír 75, 323 a 393, 1996/6 a 7

Žárský V.: 300 let objevu pohlavnosti u rostlin, Vesmír 74, 33, 1995/1

je pro ně zbytečné, aby jejich nositel plynul energií na produkci spermií. Lepší je, když bude dělat jenom vajíčka, jimiž se geny mohou šířit. Avšak tím, jak bude díky mitochondriím přibývat samic, vzroste poptávka po spermích a pro zbývající hermafrodity bude výhodné proměnit se v samce a produkovat jenom spermie. Šanci udržet se má hermafroditismus pouze tam, kde jsou dvě pohlaví velmi nevýhodná (například u přisedlých nebo pomalu se pohybujících zvířat, jako je žížala či hlemýžď). Představte si situaci, kdy si hlemýžď chce najít sexuálního partnera! Než se doplazí k jinému hlemýžďovi, může uplynout podstatná část jeho života. Kdyby náhodou narazil zrovna na jedince téhož pohlaví, byla by to pro něj pohroma. Hermafroditismus mu takové zklamání ušetří.

Z téhož důvodu si některé organizmy můžou vytvořit víc než dvě pohlaví. U jednobuněčných vystupují jakožto gamety celí jedinci, a proto je pro ně hermafroditismus nemožný. Pokud chtějí málo pohyblivé druhy zvýšit pravděpodobnost, že najdou sexuálního partnera, nezbyvá jim než vytvořit si více pohlaví, která se ovšem mezi sebou musí dohodnout, kdo bude potomstvu dodávat mitochondrie. Jeden druh hlenky má třináct hierarchicky uspořádaných pohlaví. Rozmnožovat se spolu můžou kterákoli dvě různá pohlaví, přičemž mitochondrie dodává to nadřazenější. S 92% pravděpodobností narazí hlenka na svého potenciálního partnera hned napoprvé.

Větší množství pohlaví je tedy jen náhradou za výhodnější hermafroditismus, proto se s tímto jevem v přírodě nesetkáváme příliš často.

Radka Aixnerová
Ústav molekulární genetiky AV ČR

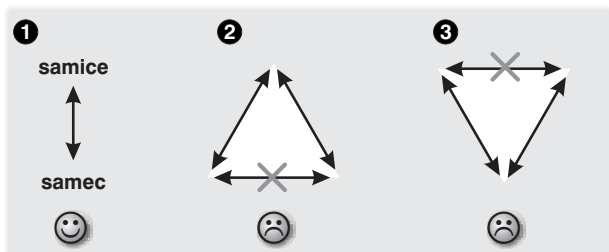
ORGANELY SI BUŇKA MŮŽE BUĎ NECHAT, NEBO NENECHAT

Hlavním úkolem pohlavního rozmnožování je zřejmě obrana proti parazitům – zvyšováním genetické variability potomstva vzniká stále se měnící genetické prostředí, v němž se má parazit co ohánět, aby unikl obranným mechanismům hostitele. V každé eukaryotní buňce jsou však obsaženy také potomci symbiotické bakterie, kterým říkáme mitochondrie. Mitochondriální geny od jednoho partnera nemají sebemenší zájem na tom, aby se do další generace dostaly i mitochondriální geny druhého partnera. Potenciálnímu konfliktu lze nejlépe zabránit likvidací mitochondriálních genů jednoho z partnerů – pro jaderné geny samce je výhodné zničit mimojaderné kolegy, kteří by se stejně jen poprali s mitochondriálními geny samice, na což by (nejen) jaderné samčí geny mohly dopla-

tit. Likvidací mitochondriálních genů si samčí jaderné geny zvyšují šanci na úspěšné pomnožení.

A proč jsou pohlaví dvě? Ono jich může být víc, ale *pouze tehdy, když při pohlavním procesu buňky nesplývají*. U jednobuněčných prvoků můžeme najít více než dvě pohlaví proto, že si při konjugaci vyměňují pouze jaderný genetický materiál, takže ke konfliktu mezi mimojadernými geny dojít nemůže. Podívejme se však na vznik pohlavního procesu, při kterém pohlavní buňky splývají. Při vzniku fúzování bude selekce podporovat asortativní (výběrové) párování mezi buňkami, které budou dvou extrémních typů: jedna bude dodávat organely, druhá ne. To proto, že jakákoliv polovičitost bude znevýhodněna: pokud by obě buňky dodávaly organely a cytoplazmu (bez ohledu na množství), došlo by ke konfliktu mimojaderných genů, a navíc i cytoplazmatických parazitů – ti by se poprali také.

Můžeme se na to podívat i trošku jinak. Z nepohlavně se množících nediferencovaných buněk vzniknou nejdříve pouze 2 typy: samice organely dává, samec nedává (nemá smysl ptát se proč, neboť si je tak definujeme). Spojením samčí a samičí buňky vznikne životaschopná zygota, kde se mimojaderné geny nemají s kým prát (1). *Třetí pohlaví by mohlo vzniknout pouze tak, že se jedinci jednoho původního pohlaví stanou navzájem kompatibilními*. Jenže to při fúzování (na rozdíl od konjugace) nejde: spojením dvou samičích buněk by vznikla buňka bez organel – tedy mrtvá buňka (2). Spojením dvou samičích buněk by se do kontaktu dostaly nepřibuzné organely a následná bitka



by neprospěla nikomu (3). Vzhledem k tomu, že buňka si organely může buď nechat, nebo nenechat, žádná další možnost nastat nemůže. Jedna a jedna jsou dvě.

Tomáš Grim, Přírodovědecká fakulta Palackého univerzity v Olomouci

Poznámka redakce: Otázka položená v úvodu je příliš komplexní, a tak není divu, že není snadné na ni odpovědět přesně. V evoluční literatuře bývá zvykem ji rozdělovat na několik otázek dílčích:

1) Proč u jednobuněčných organismů existuje funkční anizogamie, tj. proč při pohlavních procesech spolu mohou interagovat pouze gamety dvou rozdílných rozmnožovacích typů (mating typů)? Úmyslně zde používáme termín „pohlavní procesy“ a vyhýbáme se termínu „rozmnožování“ – sexuální procesy nemusí být vždy nutně vázány na proces rozmnožování.

2) Proč u jednobuněčných organismů, u nichž jsou sexuální procesy spojeny s fúzí buněk, a tedy se splýváním jejich cytoplazmy, tak často existují pouze buňky právě dvou rozmnožovacích typů?



Všechny snímky na s. 10–12 © Josef Dvořák

3) Proč u jednobuněčných organismů, u nichž při sexuálních procesech buňky nesplývají a pouze si při nich vyměňují buněčná jádra, existuje zpravidla velké množství různých vzájemně kompatibilních rozmnožovacích typů?

4) Jaké jsou důvody pro existenci morfologické anizogamie, tj. pro diferenciaci pohlavních buněk na velké buňky samičí a malé buňky samčí?

5) Proč jeden typ gamet (většinou mikrogamety) často nepředává svou cytoplazmu ani své cytoplazmatické organely do zygoty?

6) Proč jedinci mnohobuněčných organismů tak často produkují pouze jeden typ pohlavních buněk, místo aby produkovali oba (tedy proč jsou gonochoristé a nikoli hermafrodity)?

Radka Aixnerová ve svém příspěvku hledá odpověď na otázky č. 3 a 6. Při odpovědi na otázku č. 6 se uvádějí mechanismus (bariéra proti možnému zá-



Rýhonosec štíhlý (*Lixus paraplecticus*)

pasu organel) většinou používá spíše k vysvětlování jednorodičovské dědičnosti organel (otázka č. 5), u rostlin pak především k vysvětlování, jak se šíří některé geny pro pylovou sterilitu. Jako častější důvod vzniku gonochorizmu u mnohobuněčných organizmů bývá uváděna výhodnost morfologické, fyziologické i etologické specializace individua na produkci jednoho z typů gamet, makrogamet nebo mikrogamet.

Tomáš Grim si ve svém příspěvku klade otázku č. 2, ve skutečnosti však nabízí odpověď také spíše na otázku č. 5. Jako vysvětlení existence právě dvou typů gamet se v evoluční literatuře většinou uvádí fakt, že současná existence většího počtu typů různě velkých gamet v rámci stejné populace je z evolučního hlediska stav nestabilní. Výsledky matematického modelování takových komplexnějších systémů ukazují, že jsou zde zvýhodněny na jedné stra-

ně gamety největší a na druhé straně nejmenší. V důsledku toho systém nakonec skončí právě u dvou typů velikostně odlišených gamet. Podle nejznámějšího modelu jsou malé gamety sice „lacinější“, a mohou se tedy vyvíjet rychleji, nesou si však málo zásob, takže když splynou dvě malé gamety nebo jedna malá a jedna středně velká gameta, vznikne neživotaschopná zygota. Další modely jsou založeny na současném působení dvou protichůdných selekčních tlaků, například na pohyblivost gamety a na množství zásob v ní obsažených.

Jako hlavní důvod vzniku funkční anizogamie (otázka č. 1) se často uvádí podobný mechanismus jako ten, jímž Stanislav Mihulka vysvětluje vznik odděleného pohlaví (dvoudomosti) u rostlin – tedy omezení frekvence sexuálních procesů mezi genetiky stejnými jedinci.

„Takže jak to u vás vypadá s milostným životem?“
„Odpověď na tuto otázku je poněkud komplikovanější,“ odvětil jsem pomalu. „V tomto ohledu jsme měli vážné komunikační potíže už s prvními badateli od vás. Případalo jim to velmi složitě.“
„Ále,“ mávl opovrživě rukou. „Potrhli vědci si vždycky najdou nějaký komplikace. Dostat se na kořen problému chce obchodníka a umělce v jedné osobě – pozor, každým coulem umělce. Takže začnem třeba takhle: jak se ty vaše dvě pohlaví jmenujou?“
„V tom je právě ten problém. My nemáme dvě pohlaví.“
„Aha. Vy jste ty – takový tamty, co ... V takové situaci asi moc konfliktů nebude. No jo. S jedním pohlavím ne.“
Byl jsem nešťastný. Zjevně mi nerozuměl. „Chtěl jsem říct, že máme víc než dvě pohlaví.“
„Víc než dvě pohlaví? To myslíš jako u včel? Dělnice, trubci a královny? Ale ty mají ve skutečnosti taky jen dvě. Dělnice –“
„My Pluchové máme sedm pohlaví.“
„Sedm pohlaví! To se nám to tedy trochu komplikuje. [...] Proč proboha jste si museli vybrat sedm pohlaví?“
„Kdysi jsme mysleli, že všichni živočichové potřebují minimálně sedm pohlaví. Až když přiletěli badatelé od vás, zjistili jsme, že to neplatí ani o všech tvorech na naší planetě. Můj předek nzdred fanobrel mnohokrát užitečně rozmlouval s biolog expedice a ti mu poskytli teoretické zna-

losti, aby nám vysvětlil to, co jsme znali jen z praxe. Například biologové usoudili, že jsme se vyvinuli k sedmpohlavní formě, abychom podpořili variabilitu.“

„Variabilitu? To jako že vaše děti budou každý jiný?“

„Přesně tak. Víte, jen jedno žerou všichni požírači raději než sebe navzájem – a to jsou Pluchové.“ [...]

„A jak to u vás funguje?“ [...]

„Po manželské poradě, kdy se ustaví řetězec, jsou všechny pohlavní zárodečné buňky stimulovány do stavu meiózy. Zárodečná buňka se rozdělí na sedm gamet, přičemž šest z nich má brvy a sedmá je sekretována dovnitř nebo vně Pluchha – podle pohlaví.“ [...]

„A co děláš ty?“

Bylo to velice zábavné. Moje informace působily ještě větší senzaci, než jak mi to líčil můj předek nzdred fanobrel. Nám Pluchům se nestává často, že bychom poskytovali nějakému jinému druhu rozptýlení intelektuální a nikoli chuťové. [...]

„Já koordinuji. Jsem zodpovědný za vytvoření úplného a účinného řetězce jednotlivců – tedy kompatibilního řetězce, kde dokonalé přátelské vztahy tvoří uzavřený kruh, který vyprodukuje potomstvo o maximální variabilitě. Po manželské poradě, kdy je řetězec vytvořen, začíná každé pohlaví vylučovat svou zárodečnou buňku s plnými čtyřiceti devíti chromozomy. [...] William Tenn: *Venuše a sedmero pohlaví*, z antologie sci-fi *Pozemšťané a mimozemšťané*, Svoboda, Praha 1981

Jak vzniká oddělené pohlaví u rostlin?

STANISLAV MIHULKA

Většina kvetoucích rostlin vlastní zároveň samčí i samičí pohlavní orgány. Jen zřídka (přibližně u 4 % druhů) se vyskytuje oddělené pohlaví (dvoudomost). Jako příklad uveďme silenku bílou, chmel či konopí. Zdálo by se, že všechny výhody stojí na straně rostlin, které na jednom jedinci nesou květy oboupohlavné nebo jednopohlavné květy obou typů. Jak tedy vůbec rostliny s odděleným pohlavím vznikly? Dlouho se předpokládalo, že vznikají z druhů, pro které je charakteristické samosprašné opylení, ale přímou spojitost mezi samosprašností a oddělením pohlaví se nedařilo najít.

Teprve nedávno ukázala studie badatelů z Arizonské univerzity, že by klíčovým předpokladem pro vznik dvoudomosti mohl být vznik polyploidů (čili druhů se zmnoženými sadami chromozomů). Badatelé se zabývali třemi americkými druhy rodu kusovníce (*Lycium*), což jsou takové trnité keřky rostoucí ve stepích a polopouštích. Všechny tři druhy mají ve svých populacích část jedinců se samičími květy a zbylé jedince s květy zdánlivě oboupohlavnými, ovšem ve skutečnosti pouze s funkčními sam-

čími orgány. Popsaný stav je označován jako *gynodioecie* a považuje se za přímý předstupeň dvoudomosti. Tyto tři druhy byly polyploidy se šesti a osmi sadami chromozomů namísto obvyklých dvou.

Zdá se, že vznik polyploidie je spojen s náhlým přechodem z cizosprašného opylení na samosprašné, což přináší drastické důsledky v podobě příbuzenského křížení (inbreedingu). V populacích takových druhů zřejmě vznikne intenzivní tlak na odstranění nežádoucího vlivu příbuzenského křížení a jedna z prvních věcí, které se přímo nabízejí, je právě oddělení pohlaví. Dvoudomé rostliny pochopitelně nemohou být samosprašné. Při pohledu na evoluci amerických kusovníků vyjde najevo, že bezprostředními příbuznými tří uvedených druhů jsou druhy cizosprašné s oboupohlavnými květy, což rovněž potvrzuje představu náhlého přechodu k samosprašnosti, a posléze k dvoudomosti. Autoři tuto situaci našli nejméně v 20 dalších případech, a tak nelze vyloučit, že objevili obecný mechanismus vzniku dvoudomosti. (*Science* 289, 2335–2338, 2000) □