

Mohou ptáci ovlivnit pohlaví svých mláďat?

Jaroslav Petr

Většina lidí reaguje na otázku, zda si přejí mít syna nebo dceru, jen upřímným přáním: „Hlavně ať je dítě zdravé.“ Přesto jsme svědky i toho, že si rodiče toužebně přejí potomka určitého pohlaví. V minulosti se naděje často upínaly k narození syna, jenž měl zdědit otcovu profesi, majetek nebo mocenský post. Pro dosažení tohoto cíle se lidé uchýlovali k prapodivným praktikám, např. užívání různých elixírů, rituálům nebo i lékařským zákrokům. Od starověku se tradovalo, že synové jsou plození spermatem z jednoho varlete, a ještě ve středověku se nechávali někteří velmoži toužící po potomkovi mužského pohlaví bez úspěchu jednostranně kastrovat.

V ptačí říši však najdeme ne jeden příklad, kdy pohlaví potomstva ovlivňuje organismus rodičů. Z povahy rozmnožování u ptáků vyplývá, že nejlepší příležitost k zásahu do poměru pohlaví mláďat má matka, a to hned na několika různých úrovních — v průběhu tvorby vajíčka, jeho uvolnění z vaječnicku, oplození ve vejcovodu a dokonce i v raném období vývoje zárodku před snesením vejce. Nelze ale hovořit o svobodné volbě, samice neovlivňuje pohlaví svých potomků vědomě. Jde o proces, který je výsledkem adaptace ptáků na nejrozličnější životní podmínky. Jak je tedy řízení pohlaví potomstva u ptáků?

Rákosník seychelský — potomci na přání

Z genetického hlediska je výhodný po-

měr pohlaví 1:1, protože zajišťuje největší počet kombinací mezi jedinci jednoho a druhého pohlaví a zároveň minimalizuje možnost příbuzenského párování v potomstvu. Přesto nacházíme u řady živočichů významné odchylky od uvedeného poměru. Příkladem může být i člověk, protože u většiny etnik přichází na svět více chlapců (v průměru 106 narozených hochů na 100 děvčat). V okamžiku vzniku lidského zárodku po oplození vajíčka spermií je převaha chlapců zřejmě ještě větší. V přírodě najdeme bezpočet příkladů, kdy příslušníci jednoho pohlaví mnohonásobně převyšují počtem své protějšky. Ptáci nejsou v tomto směru výjimkou.

Výrazný posun v poměru pohlaví u potomstva byl pozorován např. u rákosníků seychelských (*Acrocephalus seychellensis*). Tito drobní pěvci využívají při výchově potomstva pomocníků. Spíše bychom mohli říkat pomocnic, protože rodičům pomáhají s péčí o mláďata hlavně starší dcery z předchozích snůšek. Rákosník obývá na Seychelských ostrovech oblasti různě bohaté na hmyz, který tvoří základ jeho potravy. Teorie říká, že na místech s dostatkem potravy by mělo být pro něj výhodné odchovat více potomků samičího pohlaví, protože ty zůstanou u rodičovského páru a pomohou s odchovem dalších mláďat. V místech s nedostatkem potravy je však výhodnější odchovat více samců, protože ti vyletí z hnízda a už se do rodné oblasti nevracejí. Potomci samčího pohlaví proto nevystupují vůči rodičům jako konkurenti

ve snaze získat vzácnou kořist. Potvrzují pozorované děje u rákosníků zmíněnou teorií?

Ukázalo se, že to zvládnou s překvapivě vysokou účinností. Vědci odebrali čerstvě vylíhlým mláďatům kapičku krve, izolovali z ní jadernou DNA a genetickou analýzou pak určili jejich pohlaví. Teoretické předpoklady se dočkaly výrazného potvrzení. V místech bohatých na hmyz se líhne z vajec jednoho páru průměrně 87 % samic. Naopak v místech, kde se vyskytuje hmyzu jen málo, se z vajec líhne 77 % samečků. To představuje skutečně obrovský posun oproti předpokládanému poměru pohlaví 1:1.

U rákosníků tedy zjevně dochází k ovlivnění poměru pohlaví potomků podle podmínek daného prostředí. Páry, které žily v oblastech chudých na potravu a plodily převahu samců, začaly po přesídlení do míst bohatých na hmyz plodit převahu samic. Naopak, pokud byli rákosníci přemístěni na lokality chudé na hmyz, přestali plodit převážně samičky a mezi jejich potomky rázem převládli samci.

V chovu byly pozorovány podobné posuny poměru pohlaví u potomstva papouška různobarvého (*Eclectus roratus*). Samičky eklektů snesou třeba za sebou dvě desítky vajec, z nichž se líhnou jen samečci, a pak zase snášejí v dlouhé sérii vejce, z nichž se líhnou jenom samičky. Je pravda, že taková série potomků jednoho pohlaví může být výsledkem náhody. Při hodu mincí je pravděpodobnost, že padne hlava stejně velká jako pravděpodobnost, že padne orel. Přesto nelze vyloučit, že padne hlava při 20 hodech po sobě. Pravděpodobnost takové řady je ale menší než jedno pro-

Hrdlička karolínská (Zenaida macroura) má vyrovnaný poměr pohlaví u potomků. Přesto u ní dochází k velmi účinnému ovlivnění pohlaví mláďat. Na počátku a na konci rozmnožovací sezony se z prvního sneseného vejce série líhnou samice. Úprostřed rozmnožovací sezony se z prvního vejce série líhne naopak samec



Husa sněžná (Anser caerulescens) snáší obvykle čtyři vejce. Z prvních dvou se většinou klubou mláďata samčího pohlaví, z dalších samičky

mile. A stejně nepravděpodobné je vysvětlení sérií potomků jednoho pohlaví pozorovaných u ekletů pouhou souhrou náhod.

Schopnost ovlivnit pohlaví potomků mohou ptáci projevit i poněkud nenápadným způsobem. Zběžný pohled do hnízda mnoho neprozradí, protože poměr obou pohlaví je zhruba vyrovnaný. Jako příklad si můžeme uvést hrdličky karolínskou (*Zenaidra macroura*), která snáší obvykle dvě vejce a poměr pohlaví je 1 : 1 (viz obr.). Přesto se u této hrdličky zřejmě s pohlavím potomstva něco děje, jelikož uprostřed rozmnožovací sezony se z prvního sneseného vejce většinou vyklubou samci, zatímco mezi potomky z druhého vejce převažují v tomto období samice. Na počátku a konci rozmnožovacího období ale klade samička hrdličky karolínské vejce, z nichž se klubou mláďata samičího a samčího pohlaví v opačném pořadí.

K ovlivnění pohlaví je více příležitostí

U ptáků je pohlaví určeno v okamžiku oplození, a to sestavou pohlavních chromozomů splývajících gamet. U této skupiny jsou samice heterogametickým pohlavím, což znamená, že produkují dva typy gamet, které se liší sestavou pohlavních chromozomů, v tomto případě buď s pohlavním chromozomem Z nebo W. S určitou nadsázkou můžeme říci, že určení pohlaví potomstva má „pod kontrolou“ matka. Samci jsou homogametickým pohlavím určeným dvojicí pohlavních chromozomů Z. Zatímco samci tedy produkují výhradně spermie nesoucí pohlavní chromozom Z, samičky s ohledem na pohlavní chromozom mají dva druhy vajíček. Jedna obsahují nepárový chromozom W a jejich oplozením vzniká jedinec samičího pohlaví. Druhá nesou chromozom Z a jejich oplozením vzniká samčí jedinec.

Pokud se má narodit převaha samiček, musí organismus matky nějak zajistit, aby na svět přicházeli přednostně potomci vzniklí oplozením vajíček s chromozomem W. Naopak pro zajištění převahy samčího pohlaví musí převažovat potomstvo zplouzené z vajíček s chromozomem Z. Pohlavní chromozom Z nebo W se dostává do vajíčka během redukčního dělení (meiózy), jehož poslední fáze probíhá krátce před uvolněním vajíčka z vaječnicku (ovulací). Chromozomy Z a W se v meióze rozcházejí a zatímco jeden zůstane ve vajíčku, druhý je vydělen do tzv. pólového tělíska a na vývoji zárodku se dále nepodílí. Tento moment se nabízí jako vhodná chvíle pro ovlivnění pohlaví, stačí odložit „nežádoucí“ chromozom do pólového tělíska a pohlaví je určeno. Zátěž spojená s takovým zásahem do poměru pohlaví potomstva je minimální.

Cílený rozchod pohlavních chromozomů byl pozorován u hmyzu (např. u octomilek *r. Drosophila*), u obratlovců však nic podobného zjištěno nebylo. Zásah materského organismu do dělení chromozomů nelze ale úplně vyloučit, mohl by tak činit prostřednictvím látek ukládajících se v různém množství do vajíčka spolu se žloutkem (podle některých biologů např. steroidní hormony — M. H. Bogart 1987, M. Petrie a kol. 2001). Nelze však vyloučit ani možnost, že do volby pohlaví potomstva „pro-



mluví“ otec. Mohlo by toho být dosaženo např. tím, že by spermie přednostně oplodňovaly jen vajíčka nesoucí určitý typ pohlavního chromozomu. Většinou však k ovlivnění pohlaví u ptáků dochází ze strany matky, u níž se k tomu nabízí hned několik příležitostí.

První je období růstu jednotlivých folikulů ve vaječnicku. Zvláštností ptáků je, že samice mají jen jeden vaječník. Na počátku embryonálního vývoje se sice zakládají obě pohlavní žlázy, ale vývoj ve vaječnick probíhá pouze u jedné z nich. Vznikají na ní tzv. Graafovy folikuly, jež jsou strukturou, která slouží k výživě budoucích vajíček. Před začátkem snůšky a v jejím průběhu folikuly postupně dorůstají a dozrávají — vaječník má tvar hroznu. Vajíčka dozrávají tak, že se v nich hromadí žloutková hmota, která se vytváří v játrech za účasti pohlavních hormonů z vaječnicku. Vaječník přitom reaguje na hormonální podněty z hypofýzy uvolňující folikuly stimulující a luteinizační hormon. Způsob, jakým je vybrán jeden z folikulů k růstu, představuje stále záhadu reprodukční biologie. Můžeme se jen dohadovat, jak by v této fázi mohlo dojít k ovlivnění pohlaví mláďat.

Vajíčka dorůstají v jednodenních intervalech a je možné, že se vyvíjejí různou rychlostí v závislosti na tom, jaký pohlavní chromozom nesou. Tak se může stát, že vajíčka předurčující vznik potomků jednoho pohlaví „předběhnou“ ve vývoji své konkurenty. Tak bychom mohli vysvětlit, proč se u některých ptáků klubou z dřívě snesených vajec příslušníci jednoho pohlaví, zatímco mezi mláďaty vyklubanými na konci snůšky dominují zástupci pohlaví opačného. Např. u husy sněžné (*Anser caerulescens*) se líhnou z prvních dvou vajec samečci a z dalších samičky.

Je tedy zřejmé, že některé folikuly „nedosáhnou cíle“ a vajíčka zanikají ještě před uvolněním. Pokud by organismus samice dokázal předurčit ke spontánnímu zániku folikuly s vajíčky nesoucími jeden typ pohlavního chromozomu, pak by zajistil mezi potomky dominanci příslušníků určitého pohlaví.

Zralé vajíčko je spojeno s vaječnickem úzkou stopkou a je obepnuto folikulární blánou. Tu protkává hustá síť cév s výjimkou místa protilehlého stopce. Právě tady, v tzv. stigmatu, nakonec folikulární blána praskne a vajíčko se uvolní. Nejde jen o mechanické narušení blány, ve hře jsou složité hormonální interakce a dojde-li k narušení této souhry, může následovat zadržování vajíčka a jeho vstřebání.

O tom, že k zániku většího počtu folikulů ve vaječnicku samice skutečně dochází, svědčí např. výsledky pozorování u poštolky obecné (*Falco tinnunculus*). Podíl tohoto jevu na ovlivnění poměru pohlaví potomstva ale zůstává nejasný. Je zřejmé, že tento způsob ovlivnění pohlaví mláďat by byl výhodnější u druhů, které snášejí málo vajec. Pro ty nepředstavuje vzniklá pauza před objevením se vajec velké zdržení ve snůšce. Pro ptáky s početnou snůškou by zánik vajíček s nežádoucím pohlavním chromozomem přinášel příliš velké zdržení. V této souvislosti není jisté bez zajímavosti, že jak rákosník seychelský, tak i papoušek různobarvý nevyvíkají velkou snůškou a obvykle snášejí jedno či dvě vejce.

U ptáčích samice je ale další příležitost zásáhnout do poměru pohlaví dokonce i tehdy, když se vajíčko již uvolnilo z vaječnicku. Vajíčko přitom přechází do vejcovodu, který se podobně jako vaječník vyvíjí pouze na levé straně. Morfologicky se dělí na nálevku, bílkotvornou část, krček, dělohu a pochvu ústící do kloaky. O výběr vhodných vajíček se může postarat nálevka vejcovodu, která má za úkol zachytit vajíčko uvolněné z vaječnicku a uvést jej do vejcovodu, kde je oplozeno a pak následně vybaveno obaly (bílký, podskořápečnými blanami a skořápkou). U kura domácího může nálevka „upustit“ 5 až 40 % vajíček uvolněných z vaječnicku a ta se pak vstřebávají v tělní dutině, což provází zvýšené riziko zánětu; je zřejmé, že takový způsob zásahu do pohlaví potomstva není příliš výhodný.

Další „okénko“ pro zásah do poměru pohlaví nastává během doby, kdy nálevka podrží vajíčko, aby mohlo dojít k jeho oplození spermii. Spermie přežívají po spáření

v pohlavním traktu samice i několik týdnů, a to v kanálkách ve stěně dolní části samičího pohlavního traktu. Jakmile se začne schylovat k ovulaci, vydává se část spermií na cestu do nálevky v ústretu vajíčku, aby jej oplodnil. V této situaci je celkem nepravděpodobné, že by samice mohla zabránit oplození vajíčka „nechtěného pohlaví“, protože spermie se vydávají na cestu ještě před ovulací. Jejich schopnost dostat se k vajíčku nebo do něj proniknout může být ale pod mateřskou kontrolou. Spermie uskladněné v kanálkách upadají do klidového stadia a musí být stimulovány vytvořením vhodného prostředí v pohlavním traktu samice. Pokud by matka spermiím takové prostředí „nedopřála“, byly by šance na oplození vajíčka prakticky nulové. Organismus matky může také chránit vajíčko proti průniku spermie změnou kvality jeho membrán. Vzhledem k tomu, že ve vejcovodu už může dojít ke vstřebání vajíčka jen těžko, je energie uložena do vajíčka zanikajícího v této fázi z valné části nenávratně ztracena. To činí zásahy do poměru pohlaví na této úrovni energeticky velice náročnými a ptákům by se vyplatily jen v případě, že by ovlivněním pohlaví potomstva dosáhli skutečné významné výhody.

Poměr pohlaví může samozřejmě podléhat manipulaci i během vývoje zárodku, který probíhá ve vejcovodu ptáků velice bouřlivě. Zatímco vlastní vajíčko dostává obaly, zárodek vzniklý oplozením se rychle dělí. Vejce kura domácího snesené přibližně 24 hodin po ovulaci obsahuje zárodek tvořený zhruba 60 000 buňkami. Také v tomto období může být ovlivněn poměr pohlaví potomků, a to tím, že se naruší vývoj zárodku „nechtěného“ pohlaví. Může se toho dosáhnout např. vyloučením toxických látek do vejce. Organismus matky by zřejmě nestihl uložit toxiny do žloutku, protože k oplození, a tedy i k určení toho, zda vajíčko ponese pohlavní chromozom W nebo Z, se rozhoduje až ve chvíli, kdy je zásoba žloutku prakticky kompletní. Ale nic by nebránilo uložení toxinů do bílku zárodku.

Po snesení vejce může matka manipulovat pohlavím potomstva tím, že vejce se zárodky nežádoucím pohlavím zničí nebo jim nevěnuje potřebnou péči. Základní podmínkou je, aby byla s to rozlišit, která vejce ukrývají samčí a která samičí zárodek. U některých druhů ptáků to zřejmě možné je, protože vejce se v závislosti na pohlaví zárodku liší buď velikostí, nebo tvarem. Např. u amerického pěvce strnadce bělokorunkatého (*Zonotrichia leucophrys*) se z větších vajec klubou samci a z menších samice. Rozdíl ve velikosti vajec není dán objemem žloutku, ale objemem bílku, který se do vejce ukládá až v okamžiku, kdy je o pohlaví zárodku rozhodnuto. Velikost vejce daná různým obsahem bílku by tedy mohla posloužit matce jako spolehlivé vodítko pro rozdílné zacházení s vejci se zárodky různých pohlaví.

Jsou klíčem hormony?

Při výčtu klíčových bodů, ve kterých může dojít k ovlivnění pohlaví potomků, před námi zákonitě vyvstává otázka, jakým mechanismem je zajištěna např. změna růstu folikulů, jejich vstřebávání nebo odumření vyvíjejících se zárodků ve vejcovodu. V této souvislosti je na prvním místě otázka pohlavních hormonů.



*U vlbovce červenokřídleho (*Agelaius phoeniceus*) se z posledního vejce ve snůšce obvykle klube samice. Množství testosteronu, který matka ukládá do vajec v průběhu snůšky, stoupá, což by mohlo vést k vyrovnání rozdílů ve vývoji mezi mladšími a staršími mláďaty z jedné snůšky. Veřejná databáze National Image Library, U.S. Fish and Wildlife Service*

Samice může ovlivnit pohlaví zárodku ve vajíčku různou hladinou pohlavních hormonů během klíčových etap jeho vývoje. U pávů se jasně prokázalo, že samčí zárodky získávají od matky více testosteronu než zárodky samičí a podobný jev byl pozorován i u kura domácího. Ve prospěch této domněnky svědčí experimenty se zárodky kura (A. Albrecht, R. G. Smith 1992), kdy byla pomocí inhibitorů posunuta rovnováha steroidů ve prospěch testosteronu přímo ve vejci v době, než došlo u zárodku k rozlišení pohlavních žláz. V tomto případě se ze zárodků se samičí dědičnou informací vyvíjeli ptáci s trvalým samčím fenotypem schopným produkovat v dospělosti sperma. To by vysvětlovalo rozdíly v pohlaví potomků vylíhnutých z vajec snesených v různých obdobích rozmnožovací sezóny (např. u hrdličky kalifornské, viz obr.).

Kromě působení na pohlaví zárodku mohou pohlavní hormony zvyšovat i zdatnost mláďete po vyklubání z vejce. Dochází k tomu tak, že matka ukládá do vejce testosteron v závislosti na hladinách hormonu, který právě koluje její vlastní krví. Např. samičím australských zebříček šedých (*Taeniopygia guttata*) stoupá v těle hladina testosteronu v přítomnosti atraktivnějšího samce a vejce snesená po páření s takovým partnerem si přinášejí na svět i větší množství testosteronu — to znamená, že jedinec bude zdatnější. U řady ptáků se mění hladiny hormonů cirkulující krví v závislosti na ročním období (prodlužujícím se dni), takže vejce snášená v relativně krátkých dnech na počátku rozmnožovací sezóny mohou dostávat od matky méně testosteronu než vejce snášená na vrcholu sezony.

Bylo by však velice naivní předpokládat, že na případném řízení pohlaví se podílí jediný hormon. Mnohem spíše půjde o souhru více hormonů, jejichž spektrum může zahrnovat vedle pohlavních steroidů i hormony podílející se na stresové odpovědi. Reakce na stres se přitom zdaleka neodráží jen v typických „stresových“ hormonech

jako jsou glukokortikoidy, ale poznamenává celý hormonální profil samice.

O tom, že stres může mít vliv na pohlaví potomstva, svědčí hned několik příkladů. U novozélandských nelétavých kakapů sovích (*Strigops habroptilus*) převažují u samic v dobré fyzické kondici mezi potomky samečci, zatímco samice strádající nedostatkem potravy bohaté na živiny přivádějí na svět většinou mláďata samičího pohlaví. Tento fenomén je logický vzhledem k tomu, že samci kakapů jsou výrazně větší než samice (o 30 až 40 %), a představují proto pro matku větší investici energie. Jde však o situaci, kdy se matce vyplatí do synů takto investovat.

Pozn.: Kakapové se při výběru partnerů shromažďují v tzv. lecích, v nichž samci soupeří o přízeň samic vzájemným překřikováním zvláštním hlubokým hlasem, o kterém britský spisovatel D. Adams napsal: „Ten zvuk je tak hluboký, že jej spíš ucítíte jako vnitřní vibraci ve svém těle, než že by jej zachytili vaše uši. Je to jako úder srdce, které k vám promlouvá ze tmy.“

Samice se spáří s vítězem urputného klání samečků, kteří zdaleka nebojují jen hlasitými nočními projevy. Nejednou se utkají v nelítostném boji silnými drápy a zobáky a prohru mohou zaplatit i životem. Čím větší a zdatnější je samec, tím větší má naději, že vyjde ze střetů jako vítěz a stane se otcem všech mláďat v okolí.

Pro matku je výhodnější přivádět samečky na svět v období s dostatkem potravy, kdy může mláďeti zajistit dobrý start uložení živin do vejce a vydatným krmením po vyklubání. Silný samec má větší naději, že bude mít harém samic a zplodí početné potomstvo. V chudých letech je výhodnější, aby byly plozeny spíše samice, které se uplatní při přenosu genů na další pokolení v harému úspěšného samce.

Další příklad posunu v poměru pohlaví v odevzě na potravní stres může představovat již zmíněný seychelský rákosník. Stres samice může však vyvérat i z jejího nízkého sociálního postavení, v tomto případě se může promítnout i do pohlaví potomstva. Např. u rákosníků velkých (*A. arundinaceus*) hnízdí samec až se třemi samičkami, přičemž dominantní samice své podřízené sokyně často pronásleduje. Submisivní samičky jsou bezpochyby vystaveny značnému stresu, což se obvykle projeví na jejich tělesné kondici. Při podrobnějším sledování se ukázalo, že dominantní samice vykazují převahu samců v potomstvu, zatímco u podřízených samic byl v pohlaví potomků pozorován trend přesně opačný.

Závěrem

Ovlivnění pohlaví potomstva u ptáků je nesporným faktem. Stejně tak je mimo jakoukoli pochybnost, že jde o procesy, které se odehrávají na více úrovních a do nichž může v organismu zasahovat řada vnějších a vnitřních faktorů. Předchozí výčet možných mechanismů není zdaleka vyčerpávající. Odhalení všech tajů tohoto podivuhodného jevu nebude tedy jednoduché. Své síly budou muset spojit biologové pracující v přírodě s biologii v laboratorích. Největší objem poznatků z ptačí reprodukční fyziologie byl bohužel nashromážděn u kura a krocana, tedy druhů, které jsou sice hospodářsky významné, ale z hlediska schopnosti ovlivňovat pohlaví potomstva představují příliš jednoduché modely. Na ty, kdo by se chtěli zabývat tímto problémem, čeká tedy pravě dobrodružství poznávání.