

Příběhy z elektronového mikroskopu. 2. „Trnová koruna“ chrání drobné korýše proti starobylému nepříteli

Obrana proti predátorům či býložravcům je životně důležitá pro nejrůznější skupiny organismů, od jednobuněčných mikroskopických tvorů až po pralesní velikány. Strategií chránících proti predaci najdeme proto v přírodě celou řadu – od specifického chování (aktivní obrana nebo vyhýbání se nebezpečným místům) přes struktury znepríjemňující protivníkovi život (krunýře želv i trny růží) až po chemickou obranu (látky způsobující jedovatost nebo nechutnost mnohých rostlin i živočichů). Mnohé z těchto strategií organismus něco „stojí“ – vyžadují energii, která by mohla být investována do růstu anebo rozmnožování. Specifické antipredační chování, jako jsou např. migrace mezi bezpečným úkrytem a potravně bohatým, ale nebezpečným prostředím, zase může vést k nižším energetickým ziskům. Proto je poměrně časté, že se nejen takové chování, ale i energeticky náročné obranné struktury nebo tvorba chemických látek projevují pouze při akutně hrozícím nebezpečí. V těchto případech jde o tzv. fenotypickou plasticitu antipredačních mechanismů.

Organismy ve vodním prostředí se velmi často o přítomnosti predátora dozví chemickou cestou – látky vylučované přímo dravcem nebo uvolňované v důsledku jeho aktivity (např. ze zraněné nebo pozžené kořisti) mohou velmi dobře informovat o aktuální míře rizika a kořist se tomu může přizpůsobit. Skupin, u nichž plastické antipredační struktury ve vodě najdeme, je celá řada: býložraví vířníci se nárůstem ostnů brání dravým vířníkům, pulci některých žab reagují na přítomnost dravých larev vážek zvýšením ploutevního lemu, planktonní řasy pod predacním

tlakem perlooček tvoří velké kolonie, aby nemohly být pozřeny...

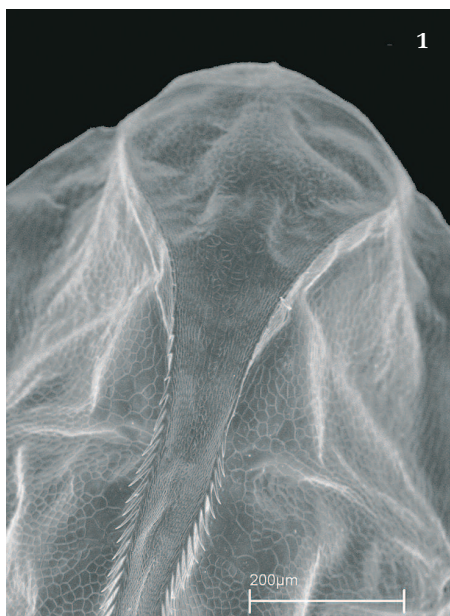
Intenzivně studovanou skupinou ve sladkých vodách jsou různé druhy perlooček rodu *Daphnia* – drobní, jen několik milimetrů velcí korýši obývající nejrůznější vodní prostředí, od čistých horských jezer přes zarybněné eutrofní rybníky až po pravidelně vysychající tůně. Podle svých ekologických preferencí reagují různé druhy těchto perlooček změnou morfologie na bezobratlé predátory, jeden tropický druh dokonce i na přítomnost planktonožravých ryb. Obvykle jde o zvět-

šení helmy na hlavě, vytvoření zoubků v týlní oblasti nebo prodloužení hrotu na konci těla. Na první pohled viditelné změny ve vzhledu jedince mohou být navíc jen „špičkou ledovce“ mnohem komplexnějších změn ve struktuře skořápky, jež u ohrožených jedinců získá podstatně větší pevnost. Reakce perlooček na přítomnost dravce není vždy okamžitá – zatímco chování ohrožených jedinců se může změnit hned, morfologické obranné struktury vznikají obvykle až v následující generaci. Matka vystavená přítomnosti dravců se tedy sama nezmění, rodí ale dcery, které jsou proti nim lépe chráněny. Perloočky se po většinu roku rozmnožují nepohlavně, dcery jsou tedy se svou matkou geneticky identické, přesto však mohou vypadat výrazně odlišně.

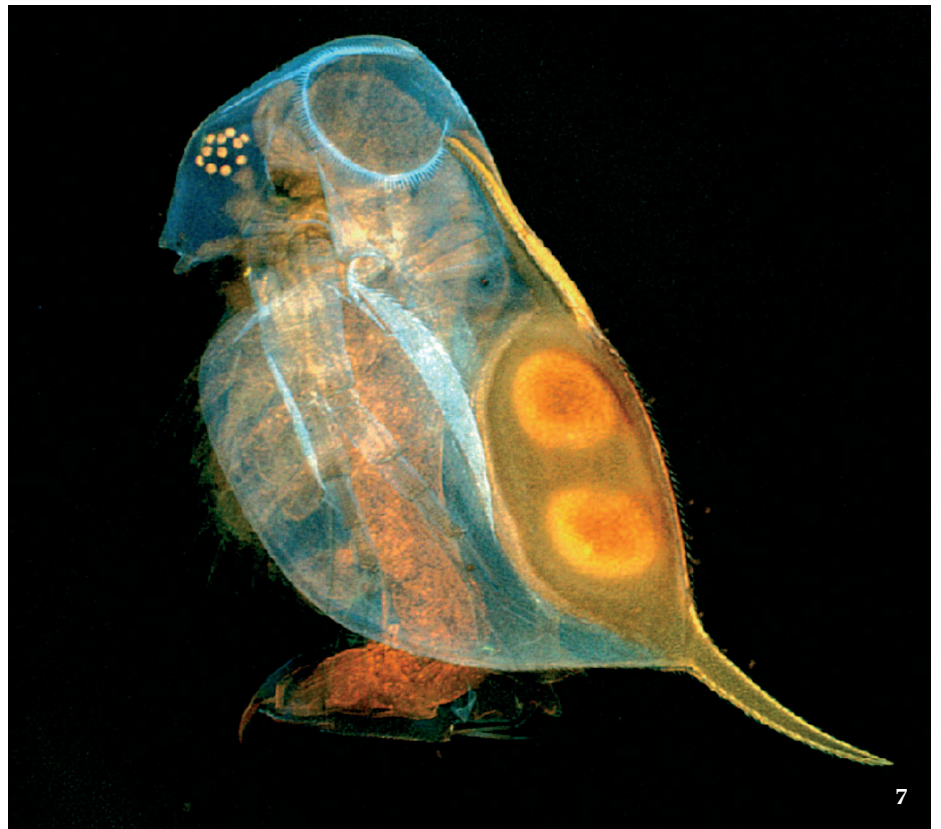
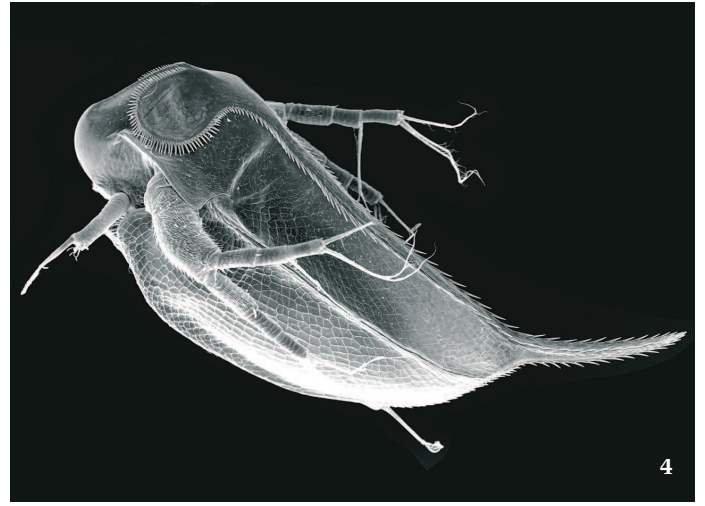
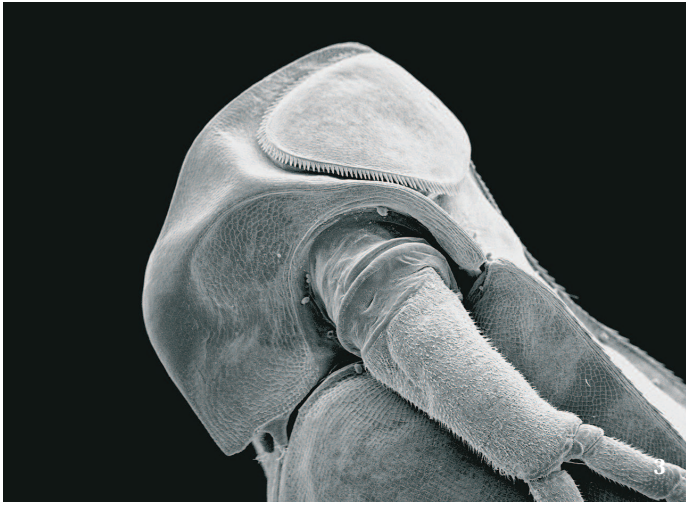
Jeden z extrémních případů fenotypické plasticity rodu *Daphnia* jsme nedávno objevili u druhového komplexu *Daphnia atkinsoni*, jež obývá periodické tůně v nejrůznějších oblastech Evropy. V periodických tůních nejsou největším nebezpečím pro perloočky ryby, ale bezobratlí predátoři, jako jsou larvy vážek nebo znokoplavky. Vrcholovými predátory v mnohých tůních jsou pak prastaří tvorové, jež neměli potřebu změnit svou morfologii po více než 220 milionů let – lupenonoží korýši listonozí. Právě proti nim se *D. atkinsoni* brání vznikem natolik výrazné struktury, že „bezbranné“ (obr. 1) a „obrněné“ (obr. 2) formy byly považovány za samostatné druhy. K taxonomickému omylu přispělo i to, že různé vypadající formy byly zdánlivě dobře ekologicky odděleny – klíčovým faktorem prostředí však byla přítomnost či nepřítomnost predátora.

Pokud se tyto perloočky setkají s chemickými látkami vylučovanými listonohy, narůstá jejich další generaci na hlavě jakási „trnová koruna“ – rozšířené ozubené disky po obou stranách hlavového štítu. Zároveň se prodlužuje i koncový trn na těle a celkově se zpevňuje krunýř. V laboratorních experimentech s malými listonohy se jednoznačně ukázalo, že nechráněné formy odolávají útokům dravce mnohonásobně hůře než formy chráněné. Když listonozí dorostou do velikosti několika centimetrů, ani nejsložitější trnová koruna perloočkám proti hladovému dravci již nepomůže. I několik málo týdnů života navíc, které získají díky indukované obraně, jim však může umožnit, aby úspěšně dokončily životní cyklus.

S perloočkami ozdobenými trnovou korunou jsme se mohli ještě před několika desetiletími setkat i v naší krajině. Z poválečného období jsou dokumentovány z tůně na Břeclavsku s výskytem listonohů letních (*Triops cancriformis*). V poslední době však žádné nálezy této skupiny z Čech a Moravy nejsou. Museli bychom se za nimi vypravit do oblastí, kde lokalit přejících výskytu velkých lupenonožců i jejich kořisti zůstalo více – do maďarské pusty nebo do Středomoří. Geograficky se



1 a 2 Pohled na hlavu perloočky *Daphnia atkinsoni* ze zadu – forma bez „trnové koruny“ (1) a forma s rozvinutým otrněním (2). Snímky z rastrovacího elektronového mikroskopu; skutečná šířka zobrazené části je asi 0,45 mm.



3 Detail hlavy jiného zástupce druhového komplexu *Daphnia atkinsoni* s „trnovou korunou“; snímek z rastrovacího elektronového mikroskopu. Skutečná velikost zobrazené části je asi 0,8 mm.

5 Samice perloočky *D. atkinsoni* s barevně zvýrazněnou „trnovou korunou“. Délka těla cca 1,7 mm. Na obrázku samice nesoucí v zádové části těla tzv. efípium, do níž se ukládají pohlavně vznikající trvalá vajíčka schopná přežít i vyschnutí. Snímek z rastrovacího elektronového mikroskopu.

6 Dospělý listonoh rodu *Triops ulovný* z dočasné tůňe ve Španělsku, v níž se vyskytoval společně s otrněnými perloočkami. Foto A. Petrusek

zdánlivě vymyká více než století starý nález otrněné formy perloočky z Grónska. Zdání však klame – i v arktických vodách se vyskytují listonozi rodu *Lepidurus*, také zde proto má trnová koruna svou funkci. Schopnost vytvořit tuto obrannou strukturu existuje u několika příbuzných

druhů komplexu *D. atkinsoni*. Zdá se však, že trnová koruna mohla paralelně vzniknout vícekrát – téměř totožnou strukturu můžeme najít i u jihoafrického druhu, který je zmíněným druhům komplexu pravděpodobně zcela nepřibuzný.

Pozoruhodný příběh odehrávající se pod hladinou tůňe by zřejmě nebyl odhalen bez využití genetických metod. Mnohé druhy živočichů i rostlin, běžným způsobem od sebe nerozpoznatelné, lze snadno rozlišit podle sekvencí některých genů (u živočichů se nejčastěji studuje mitochondriální gen pro podjednotku I cytochrom c oxidázy). V posledních několika letech je proto stále častější tendence charakterizovat organismy i jakýmsi „genetickým čárovým kódem“, jenž umožní jejich následné určování. Tato metodika stála za objevem mnoha kryptických druhů i v době studovaných skupinách, perloočky nevyjímaje – celá řada západopaleartických druhů rodu *Daphnia* zůstává zatím vědecky nepopsána, neboť se morfologicky od svých geneticky odlišných příbuz-

4 Celkový pohled na samce perloočky *D. atkinsoni* s „trnovou korunou“ (délka těla asi 1,2 mm) v rastrovacím elektronovém mikroskopu. Všechny snímky Ch. Laforsche, není-li uvedeno jinak

7 Samice dosud nepopsaného zástupce z druhového komplexu *D. atkinsoni* s „trnovou korunou“ nesoucí efípium (délka těla asi 1,7 mm). Snímek v nepravých barvách z konfokálního mikroskopu. Foto J. Reischig

ných výrazně neliší. V naší studii však výsledky ukázaly pravý opak – analýza „čárových kódů“ prokázala, že hned ve dvou družicích oddělených několika miliony let evoluce byly nositelky trnových korun geneticky identické s neotrněnými formami. I tyto výsledky potvrzují, že využití molekulárních metod při studiu biodiverzity může přinést neočekávané poznatky o funkci dosud neprobádaných biologických struktur či vztazích mezi druhy.