

a *Strigomonas* z čeledi Trypanosomatidae). Ti mají symbiotické betaproteobakterie *Kinetoplastibacterium* a opět je podporují enzymy kódované v genomu bičkovce, ale pocházejícími z různých bakterií. Kam až tato podpora symbiontů bakteriálními geny z genomu eukaryot může dojít, ukazuje jediný známý organismus bez mitochondrie, komenzál ze střeva činčil – oxymonáda *Monocercomonoides* sp. PA 203 (Živa 2018, 1: 26–28). Tento protistní organismus získal horizontálním přenosem geny pro tvorbu železosírných klastrů, což byl zřejmě jeden z důvodů ztráty celé mitochondrie (čímž se vymanol ze spirály Evoluční králičí nory).

Nejčastějšími důvody pro inovační horizontální přenos se zdají být nutriční nezávislost, schopnost využít nové zdroje potravy a obrana před patogeny a predátory. Tyto funkční kategorie horizontálního přenosu genů jsou přítomny u většiny eukaryot, takže si zde pro ilustraci uvedeme jen dva příklady ze symbiotických

organismů. *Blastocystis* je jednobuněčný střevní komenzál/parazit mnohých obratlovců (včetně člověka), jenž má v genomu zhruba 2,5 % všech genů z bakterií. Tyto geny byly velmi často přeneseny ze střevních bakterií obývajících stejné hostitele a pomáhají *Blastocystis* např. s metabolismem uhlovodíků, syntézou aminokyselin, metabolismem dusíku, ochranou před stresem vyvolaným radikály kyslíku, ale také s infekcí hostitele a ochranou před jeho imunitou. *Epichloë* je rod vřeckovýtrusných hub (Ascomycota), které žijí v mutualistické symbióze s rostlinami. Rostou v mezibuněčném prostoru hostitelských druhů trav (endofyticky, viz Živa 2017, 5: 228–231) a chrání je např. pomocí alkaloidů před herbivorií. Tyto symbiotické houby navíc získaly horizontálním přenosem bakteriální toxin, kterým si rozšířily svůj arzenál pro likvidaci housenek požírajících hostitelskou trávu.

V tomto článku jsme se stručně podívali na to, jak byla komplikovaná evoluční

historie života na Zemi a jak významný byl (a stále je) vliv endosymbióz a horizontálního přenosu genů na evoluci veškerého života. I přes významný pokrok v posledních 10 letech nastartovaný moderními metodami čtení genomů, stále v tomto oboru mnohem více nevíme, než víme. Studium evoluční mikrobiologie a genomiky tak rozhodně skrývá další zásadní objevy. V navazujícím článku (na str. LXXIII–LXXIV kulérové přílohy této Živy a barevný obrazový doprovod na této straně) se detailněji zaměříme na endosymbiózy v jedné z evolučně nejuspěšnějších větví živočichů – hmyzu.

Autor pracuje jako postdoktorand na Univerzitě Britské Kolumbie za podpory grantu Evropské organizace pro molekulární biologii (EMBO ALTF 1260–2016).

Citovanou a doporučenou literaturu najdete na webových stránkách Živy.

Filip Husník

K výuce

Nutriční symbiózy hmyzu

Symbiózy hmyzu vykazují neskutečnou variabilitu a poskytují tak mnoho vynikajících experimentálních modelů pro studium evoluce. Některé hmyzí mikrobiomy jako např. u sociálního hmyzu (včel a termitů) jsou tvořeny především střevními bakteriemi a protisty a zásadně se neliší od mikrobiomů obratlovců (včetně člověka). U mnoha dalších skupin hmyzu naopak najdeme vnitrobuněčné symbiózy, jež se v určitých charakteristikách blíží organelám, mitochondriím a plastidům, a mohou tak pomoci objasnit některé nejasnosti vzniku eukaryotické buňky (eukaryogeneze), např. vliv horizontálního přenosu genů a vývoj závislosti symbionta na hostiteli. Podrobněji se o nutričních symbiózách hmyzu dočtete v článku na str. LXXIII–LXXIV kulérové přílohy této Živy.

1 a 2 Střevní symbiózy včel. Divoká včela sbírající pyl a nektar na hvězdnovitě rostlině (obr. 1). Průřez střevem včely medonosné (*Apis mellifera*, 2) se symbiotickými bakteriemi zobrazenými pomocí fluorescenční hybridizace *in situ* (FISH).

Modře – jádra střevních buněk včely, červeně – střevní bakterie *Snodgrassella alvi*, bíle – střevní bakterie z rodu *Lactobacillus*. Foto: A. Wild (obr. 1, v souladu s podmínkami využití) a W. Kwong (2, s laskavým svolením autora)

3 a 4 Červci, připomínající pochodučící chomáčky vaty, které možná znáte z pokojových rostlin nebo z cest po subtropických a tropických oblastech, nesou ve svém těle symbiotickou „matřičku“. Zde červec citroníkový (*Planococcus citri*, obr. 3), samec (nahore) a nymfa sající šťávu rostlin. Symbionti v buňkách červců (FISH, buňky nejsou zobrazeny). Zeleně vnější bakterie *Tremblaya princeps*, oranžově vnitřní bakterie *Moranel-la endobia* (4). Foto z archivu autora (obr. 3 a 4)

