

Mezidruhové křížení ryb a jeho vliv na odolnost hostitelů vůči parazitům

13.9.2024 - Andrea Vetešníková Šimková | Grantová agentura ČR

Vzájemné křížení druhů (mezidruhová hybridizace) je běžným fenoménem u obratlovců, zejména u ryb.

U hybridního potomstva první generace, tzv. první filiální generace hybridů (F1 hybridi), je častý rychlejší růst, delší přežívání a vyšší tolerance k environmentálním podmínkám nebo rezistence k parazitům v porovnání s rodičovskými druhy. Tento fenomén označujeme jako heterozní efekt (výhodu).

Heterozní výhoda se tedy ve většině případů vyskytuje pouze u F1 hybridů. U potomků, kteří vzniknou v dalších generacích tzv. zpětným křížením (tj. dojde ke křížení potomka F1 generace s jedním z rodičovských druhů), nastává selhání hybridů (hybrid breakdown), které je důsledkem genetické nekompatibility rodičovských genomů. Tito hybridi pak mají redukovanou biologickou zdatnost (fitness), trpí nízkou životaschopností a přežíváním, vykazují reprodukční abnormality nebo sterilitu, limitovanou ekologickou úspěšnost a jsou více postiženi parazity. Odolnost nebo naopak vnímavost vůči různým parazitárním infekcím tedy může být dobrým ukazatelem biologické zdatnosti hybridních ryb.

Paradiplozoön homoion – adultní jedinec s vajíčky, zástupce taxonu Monogenea

Andrea Vetešníková Šimková je profesorkou zoologie na Přírodovědecké fakultě Masarykovy Univerzity. Více než dvacet let se se svým týmem věnuje evoluční biologii, ekologii a evoluční imunologii parazito-hostitelských vztahů v systémech rybích hostitelů a jejich asociovaných parazitů.

V průběhu řešení projektu podpořeného GA ČR se se svým týmem zaměřila na studium mezidruhového křížení u dvou systémů kaprovitých ryb s různou mírou genetické odlišnosti. První systém tvořil kapr obecný (*Cyprinus carpio*) a karas stříbřitý (*Carassius gibelio*), kteří vykazují menší míru genetické diferenciaci, a druhý fylogeneticky více vzdálené druhy plotice obecná (*Rutilus rutilus*) a cejn velký (*Abramis brama*).

V prvním experimentu se výzkumný tým Andrey Vetešníkové Šimkové zaměřil na odolnost rodičů i hybridních generací v prvním systému (kapr obecný a karas stříbřitý) k viru jarní virémie (SVCV – Spring viraemia of carp virus), která představuje ekologicky i ekonomicky závažné onemocnění kaprovitých ryb.

Výsledky potvrdily vysokou vnímavost kapra obecného k infekci. Hybridi F1 generace byli nízce vnímaví k onemocnění podobně jako druhý z rodičovských druhů – karas stříbřitý. V případě post-F1 generací hybridů ovšem výzkumníci prokázali jejich vysokou vnímavost vůči virovému onemocnění, což lze interpretovat jako důsledek fenoménu hybridního selhání. Významnou roli ve vnímavosti některých skupin zpětných hybridů k virové nákaze sehrála tzv. cyto-nukleární nekompatibilita (tj. neslučitelnost vzniklých kombinací mitochondriálních a jaderných genomů) a rovněž byla důležitá role vnímavého (kapra obecného) nebo rezistentního (karase stříbřitého) rodičovského druhu v procesu křížení. Profily genů, které vyjadřují rozdíly v genové expresi mezi infikovanou a kontrolní skupinou ryb – zejména těch zapojených do důležitých imunitních drah –, vykazovaly podobnosti mezi F1 generací hybridů a rezistentním rodičem – karasem stříbřitým. Naopak k virové infekci vysoce vnímavý kapr obecný a generace post-F1 hybridů vykazovali vzájemnou podobnost i v expresi

imunitních genů.

Důsledkem vzájemných evolučních interakcí mezi parazity a hostiteli (koevoluce) dochází ke genetickým adaptacím na straně parazita i hostitele. Jejich častým důsledkem je, že parazit vykazuje morfologické adaptace, díky kterým se může přichytit pouze ke konkrétnímu druhu hostitele, který je kompatibilní pouze se specifickým parazitem (například z pohledu genetiky, imunity a/nebo morfologie parazitované tkáně).

Zájmovými parazity je skupina Monogenea, do které patří zejména vnější paraziti infikující žábry, ploutve a pokožku ryb. Tito parazité vykazují vysokou druhovou diverzitu, celou řadu specifických morfologických adaptací na úrovni orgánu, který jim umožňuje přichycení k povrchu rybího hostitele, a hostitelskou specifitu, tj. určitý druh parazita je často striktně asociován pouze s jedním druhem hostitele.

Plotice obecná i cejn velký, rodičovské druhy ve druhém studovaném systému, mají každý svoje asociované druhy monogeneí. Výzkumníkům se v případě infekce druhově početnými ektoparazity ze skupiny Monogenea podařilo prokázat hybridní heterozu – hybridi F1 generací vykazovali menší míru parazitární infekce, byli nicméně parazitováni hostitelsky-specifickými parazity obou rodičovských druhů. Překvapivým zjištěním byla asymetrie zastoupení rodičovským druhům asociovaných parazitů u F1 generací hybridů, kterou naznačily již i předešlé studie výzkumného týmu. Mechanismus tohoto jevu je zatím neznámý a vyžaduje další studie na molekulární úrovni.

Míra parazitárního zatížení v této studii byla srovnatelná u obou rodičovských druhů i generací zpětných hybridů. Výzkumníci prokázali, že míra zastoupení genů rodičovských druhů v genomu hybridních potomků je určující pro to, v jakém poměru budou zastoupeni jednotliví hostitelsky specifictí parazité. Jejich výzkum tedy poukazuje na význam vzájemné adaptace (tzv. koadaptace) mezi hostitelsky specifickým parazitem a jeho asociovaným hostitelem.

Schéma křížení aplikováno v systému kapr obecný a karas stříbřitý. Vnímavost k viru jarní virémie je označena barevně (zeleně – rezistentní generace, červeně – vnímavé generace, žlutě – středně vnímavé generace).

V další studii se výzkumníci zaměřili na to, jak hostitelsky nespecifictí parazité ovlivňují zdatnost hybridů. Kandidátním parazitem byl opět zástupce monogeneí z čeledi Diplozoidae, který se vyznačuje unikátní životní strategií. Larvální stádia tohoto parazita migrují do cílové pozice na žábrách rybího hostitele, dochází k fúzi dvou larev a vzniká jedinec následně dosahující pohlavní zralosti.

Vybraný zástupce *Paradiplozoon homoi* nevykazuje hostitelské preference, a je tedy schopen infikovat vysoký počet různých hostitelských druhů, zástupců kaprovitých ryb. Studie ukázala nižší míru infekce u experimentálně infikovaných rodičovských druhů plotice obecné a cejna velkého a hybridů F1 generace, a naopak dokumentovala vyšší parazitární infekci u zpětných hybridů, což je v souladu s předpokladem jejich genetického selhání.

Výsledky získané experimentální parazitární infekcí vědci podpořili navazující analýzou rozdílně exprimovaných genů mezi infikovanými a neinfikovanými rybími jedinci (tzv. diferenciálně exprimovaných genů), při které hybridi F1 generace vykazovali nižší počet diferenciálně exprimovaných genů ve srovnání s hybridy zpětného křížení. Studie odhalila důležité dráhy rybího hostitele spojené s jeho imunitou, diferenciací červených krvinek a vazbou složek krevního barviva aktivované parazitem *P. homoi*, který se živí krví rybího hostitele.

<https://gacr.cz/mezidruhove-krizeni-ryb-a-jeho-vliv-na-odolnost-hostitelu-vuci-parazitum>