

Kryptické druhy a příběh kuželíků

V souvislosti se silícím tlakem člověka na naši planetu se často mluví o „križi biodiverzity“. Vnímáme ji jako zrychlený pokles rozmanitosti života, zejména počtu druhů. Dnes již rutinní používání metod molekulární biologie ovšem narušuje náš dřívější pohled na pojetí druhu. Představa ostře ohraničených a obvykle morfologicky dobře definovaných jednotek ztrácí svou obecnou platnost. Veškeré závěry týkající se počtu druhů je tedy nutné přehodnotit ve světle nových poznatků. Mezi takové patří v posledních letech hojně diskutované a množící se objevy *kryptických druhů*.

text **VERONIKA HORSÁKOVÁ,**
JEFFREY C. NEKOLA & MICHAL HORSÁK

PUBLIKACE z nejrůznějších biologických oborů se v poslední době kryptickými druhy jen hemží. Jejich počet strmě narůstá zhruba od roku 1990 [1]. K listopadu 2019 čítala databáze vědeckých publikací Web of Science přes 1300 článků, jejichž název obsahuje slovo „cryptic species“, a vyhledávač odborné literatury Google Scholar našel dokonce kolem 77 000 textů, v nichž je problematika kryptických druhů zmíněna. O to víc znepokojuje fakt, že práce týkající se domnělých kryptických druhů jsou často vědecky „nedotažené“ a tedy obtížně využitelné pro další praxi, např. taxonomickou^A či ochranářskou.

KRYPTICKÉ DRUHY – CO JSOU ZAČ?

Pojďme si nyní kryptický druh definovat. Definice jakéhokoli fenoménu je vždy do jisté míry subjektivní. My se však nejvíce ztotožňujeme s tou, která za kryptické označuje dva nebo více druhů, jež jsou – nebo dříve byly – chybně klasifikovány jako druh jediný, neboť jsou (alespoň povrchně) morfologicky nerozlišitelné [2].

Typický objev kryptického druhu může probíhat zhruba takto: Určitá skupina blíže příbuzných organizmů, do té doby klasifikovaná do druhové úrovně převážně na základě morfologických znaků, je podrobená detailnímu, nejčastěji molekulárnímu výzkumu. Ten odhalí existenci dvou nebo více odlišných genetických linií. To naznačuje, že mezi jedinci těchto linií dlouhodobě neprobíhá výměna genetické informace (nekříží se mezi sebou), což poukazuje na existenci více různých druhů (alespoň pokud o druzích uvažujeme v rámci biologického druhového konceptu,^B ale to už je jiné a ještě složitější téma). Nemusí tomu tak však být vždy. Pokud se např. část populací určitého druhu specializuje na jiný typ stanoviště nebo ji oddělí nějaká přírodní bariéra, po určitém čase se geneticky odliší, např. vlivem náhodného genetického driftu.^C Genetická odlišnost nemusí však zákonitě znamenat, že vznikly nové druhy, které se vydaly svými vlastními evolučními cestami.

Správným postupem po takovém prvotním odhalení je proto důkladná analýza všech

zjistitelných znaků, která může hypotézu existence více druhů prověřit. V závislosti na zkoumané skupině živočichů to mohou být znaky morfologické, akustické, olfaktorické (čichové), etologické (projevy chování), ekologické (např. upřednostnění jiných stanovišť) a další. Velmi často se takové doprovodné, dříve přehlížené a často subtilní znaky skutečně podaří najít. Běžná zkušenost nám říká, že druhy se od sebe vizuálně liší. Mnohé taxony (např. obojživelníci nebo cikády) však využívají jako hlavní způsob vzájemného dorozumívání a rozpoznávání spíše signály chemické či akustické. Ty mohly dlouho uniknout naší pozornosti, neboť není vždy snadné je sledovat a hodnotit (např. u živočichů v mořském prostředí). Lidské vnímání je zkrátka založeno hlavně na vizuálních podnětech, které mohou být v případě rozlišování druhů zavádějící nebo nedostatečné.

Naše znalosti o kryptických druzích a jejich četnosti v různých skupinách organismů jsou stále spíše neúplné. Většina prací se týká živočichů, především nápadných a pro lidské oko atraktivních. Mnohem méně výzkumů je zaměřeno na rostliny, houby či mikroby [2]. Více informací je také z mírného pásu, který nedosahuje zdaleka takové druhové bohatosti jako méně probádané tropy. Z toho, co víme, se však zdá, že největší

Mgr. VERONIKA HORSÁKOVÁ, Ph.D., (*1987) vystudovala zoologii na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity. Na téže univerzitě nyní působí jako odborná pracovnice Ústavu botaniky a zoologie. Věnuje se především ekologii společenstev suchozemských měkkýšů prameništích mokřadů a molekulární fylogenezi vybraných skupin měkkýšů.

Doc. JEFFREY C. NEKOLA, Ph.D., (*1964) vystudoval ekologii na University of North Carolina at Chapel Hill v USA. Je docentem Ústavu botaniky a zoologie Masarykovy univerzity. Jeho výzkum propojuje makroekologii, biogeografii, molekulární fylogenezi a ekologii společenstev. Zaměřuje se především na měkkýše, ale také cévnaté rostliny a motýly.

Prof. RNDr. MICHAL HORSÁK, Ph.D., (*1975) vystudoval systematickou zoologii a ekologii na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity. V současnosti je profesorem Ústavu botaniky a zoologie téže univerzity. Věnuje se zejména výzkumu kontinentálních měkkýšů mírného pásu, ekologii společenstev a kvartérní paleoekologii.



Snímky Michal Horsák

1. MORFOLOGICKÁ VARIABILITA plamaty lesní (*Arianta arbustorum*). V naší přírodě se lze běžně setkat s typickou kulovitou kropenatou formou s jedním tmavým proužkem (vlevo nahoře). Ve vysokohorských oblastech nezávisle na sobě vznikly formy přizpůsobené životu na skalách, které jsou často výrazně plošší a barevně rozmanitější – jejich schránky jsou světlé až tmavě kropenaté, s jedním proužkem nebo úplně bez proužku, zbarvení těla je světlé až téměř černé (vpravo nahoře a vlevo dole: forma *stenzii*; vpravo dole: forma *chamaeleon*). Některé z forem mají geograficky omezené rozšíření, a bývají proto někdy považovány za samostatné poddruhy nebo dokonce druhy. Často se však víc různých forem vyskytuje i v jednom pohoří, kde se vzhled typicky mění kontinuálně podél gradientu nadmořské výšky a podle způsobu života (při zemi nebo na skalách). Velmi pravděpodobně je to tedy tentýž biologický druh, jehož některé populace mohly izolovat např. horský ledovec v dobách ledových.

míra kryptické diverzity se vyskytuje mezi obojživelníky, kroužkovci a hmyzem [3].

MĚKKÝŠI – VÝJIMKA Z PRAVIDLA

Z předchozího textu se může zdát, že s rozvojem molekulárních metod druhy

jen přibývají. Existují ale i případy, kdy molekulární analýza vede k zjištění, že více domnělých druhů představuje vlastně druh jediný, pouze vysoce morfologicky variabilní. Takovou skupinou jsou měkkýši, kteří „rádi porušují“ nejrůznější přírodní zákonitosti a fenomény (Vesmír 96, 174,

Slovníček

A. TAXONOMIE – věda zabývající se pojmenováním, popisováním a zařazováním organismů do biologického systému.

B. BIOLOGICKÝ KONCEPT DRUHU – podle tohoto široce uznávaného konceptu je druh skupinou populací, jejichž příslušníci se mohou křížit mezi sebou navzájem. Tyto populace jsou zároveň reprodukčně izolované od ostatních skupin populací (dle definice Ernsta Mayra z r. 1942). Každý druh představuje samostatně se vyvíjející evoluční linii. Tento koncept lze aplikovat pouze na pohlavně se množící organismy (u nepohlavně se množících je třeba aplikovat definice složitější).

C. GENETICKÝ DRIFT – evoluční proces, jehož vlivem se náhodně mění četnost forem určitého genu v malých populacích. V extrémním případě se určité formy genu mohou fixovat a ostatní vymizet.

D. HOLARKTICKÝ DRUH – rozšířený napříč holarktickou říší, která zahrnuje většinu Eurasie a Severní Ameriky (mimo tropy) a severní Afriku.

2017/3). Především pro nápadné a sběratelsky atraktivní skupiny měkkýšů je typické, že nadšení taxonomové popsali (a mnohdy bohužel stále popisují) příliš mnoho druhů, které se následně ukázaly být druhem jediným [4]. Důvodem je zejména vysoká variabilita měkkýších schránek, která může být značná i v rámci jediného druhu (obr. 1). Rozmanitost tvarů a barev je často odrazem adaptace na specifický typ stanoviště. Např. formy vázané na skály jsou obvykle ploché a mají nápadný kýl po obvodu, což je praktické pro pohyb po svislém povrchu, případně pro ukrytí v úzkých skalních skulinách.

Lze se však setkat i s opačným případem, kdy dva rozdílné druhy vlivem přizpůsobení stejnému typu stanoviště dospějí nezávisle na sobě k téměř totožnému vzhledu. S oběma popsávanými případy jsme se nedávno setkali při našem výzkumu drobných suchozemských plžů rodu kuželík (*Euconulus*). Ti nám, jak se ukázalo, mají mnohé co říci i k problematice kryptických druhů.

KUŽELÍCI SE PŘEDSTAVUJÍ

Kuželíci jsou drobní suchozemští plži, kteří dorůstají velikosti jen asi 3 mm. Jejich schránky jsou ploše kuželovité, obvykle světle hnědé až tmavě kaštanové barvy. Obývají pestrou škálu stanovišť v Evropě, Asii a Severní Americe a nejrozšířenější z nich, kuželík drobný (*E. fulvus*), byl rovněž zavlečen do různých míst jižní polokoule. Tento druh je pravým generalistou,

schopným osídlit nejrůznější typy stanovišť, od velmi kyselých po vápnatá, od suchých po mokřadní, od zachovalých po člověkem ovlivněná, od tropů po arktickou tundru. Lze se s ním setkat i ve městech, kde obývá ostrůvky zeleně, např. parky nebo zahrady.

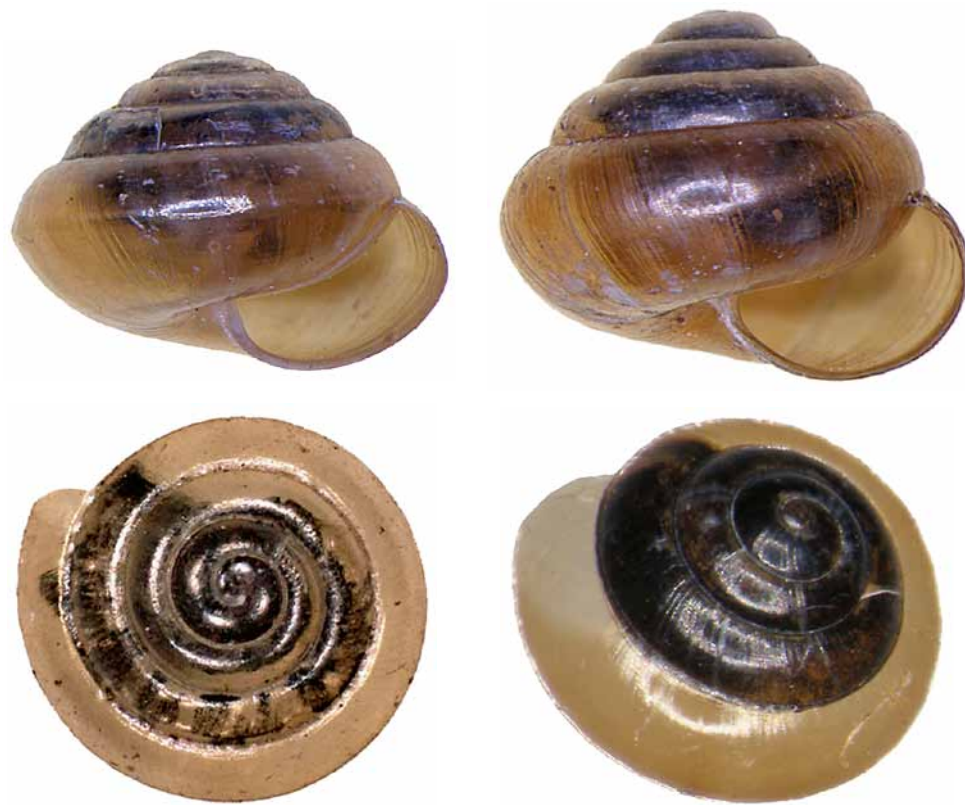
Celkem bylo popsáno kolem devíti druhů kuželíků, z nichž některé jsou holarktické, jiné považujeme za endemity Evropy nebo Severní Ameriky. S ohledem na jednoduchost a strohý vzhled jejich schránky jsme se proto rozhodli využít molekulární metody a prozkoumat, zda současná taxonomie kuželíků, založená výhradně na morfologických znacích, odráží reálně existující druhy. Předpokládali jsme, že na rozdíl od velkých a nápadných měkkýšů by se mezi drobnými a vzhledově uniformními kuželíky mohly kryptické druhy vyskytovat.

TAXONOMICKÝ OŘÍŠEK

Do naší studie jsme zahrnuli téměř stovku populací kuželíků sbíraných napříč Evropou, Asií a Severní Amerikou. Využili jsme genetickou analýzu (mitochondriálních i jaderných genů), „tradiční“ morfologické znaky (barvu a lesk schránky, barvu těla plže, strukturu schránky ap.) i měřené parametry ulity (konchometrii) [5]. Získaná data jsme následně porovnali a snažili se z nich vyvodit ucelenou informaci o existenci jednotlivých druhů a jejich variabilitě s cílem jednoznačného taxonomického výstupu. Ukázalo se, že máme co do činění jak s kryptickými druhy, tak se skupinami populací, které by se na první pohled (na základě genetických analýz) mohly zdát jako samostatné druhy, avšak při druhém, pečlivějším úsudku už nikoli.

Popíšeme si nejprve první ze zmíněných případů. Jak v Evropě, tak v Severní Americe se v mokřadech vyskytuje tmavý a lesklý druh kuželíka, nazývaný na obou kontinentech kuželík tmavý (*E. alderi*). Molekulární analýza však ukázala, že část populací ze Severní Ameriky je geneticky výrazně odlišná. Když jsme se na ně zaměřili blíže, odhalili jsme dříve přehlížené rozdíly (v konchometrii i některých morfologických znacích; **obr. 2**) oproti evropským populacím a oproti zbývajícím populacím severoamerickým. Populace ze Severní Ameriky mohou být považovány za nový druh, který od nás dostal jméno kuželík Frestův (*E. fresti*) a který lze označit jako kryptický [6].

Druhý případ se týká kuželíka drobného. Již dříve jsme si všimli značné rozmanitosti populací označovaných tímto jménem (**obr. 3**). Typická forma je matná, světlá, s jemnými spirálními liniemi na spodní straně ulity. Sami jsme se však v terénu setkávali i s formami lesklejšími, o něco



2. NOVĚ ODHALENÝ severoamerický druh kuželík Frestův (*Euconulus fresti*; vlevo) lze označit jako kryptický, neboť byl dosud určován jako kuželík tmavý (*E. alderi*; vpravo). Oba druhy mají některé znaky společné: lesklé a tmavé schránky, tmavé tělo, výrazné spirální linie na spodní straně ulity a úzkou vazbu na mokřadní stanoviště. Kuželík Frestův má však těsněji vinuté závitky, je o něco plošší, má nápadně tmavě skvrnitý plášť (kuželík tmavý ho má jednoduše tmavý) a jemný kýl na posledním závitku ulity. Snímky Michal Horský

tmavšími, se skvrnitou pigmentací těla a výraznějšími liniemi na spodní straně ulity. Dokonce jsme předpokládali, že by mohli jít o víc různých druhů. Překvapivě však jak matné, tak lesklejší evropské mokřadní formy byly geneticky totožné. S ohledem na shodu v dalších znacích a v konchometrii jde zjevně o morfologickou variabilitu v rámci druhu, jež pravděpodobně souvisí s podmínkami prostředí. Mokřadní populace tohoto jinak nemokřadního druhu tíhnou k tmavšímu a lesklejšímu vzhledu než populace obývající sušší typy stanovišť. Tento vzhled je pro plže obývajících vlhká stanoviště zřejmě evolučně výhodný.

Poněkud složitější byla situace u populací kuželíka drobného z Asie a Severní Ameriky. Ty se geneticky liší od populací z Evropy a tvoří několik velmi heterogenních skupin. Bylo by naivní každou z nich označit za samostatný kryptický druh (mimo jiné i proto, že genetické linie odvozené z mitochondriálních a jaderných genů se vůbec neshodují). Prozkoumali jsme tedy podrobně konchometrii i morfologii a porovnali mimoevropské populace mezi sebou i s populacemi evropskými. Nenašli jsme však žádné zřetelné rozdíly, jimiž by bylo možno ony skupiny rozlišit. Variabilita všech studovaných znaků se totiž téměř v plném rozsahu uplatňovala u každé skupiny. Konečný

verdict podpořila i následná podrobnější analýza sekvencí DNA, která silně naznačila, že se některé evropské a mimoevropské skupiny kříží.

Kuželík drobný podle našich závěrů skutečně představuje jeden biologický druh rozšířený napříč severní polokoulí. Jeho populace jsou však do jisté míry geneticky, geograficky i morfologicky strukturované. Možná od sebe byly odděleny v minulosti, kupříkladu v dobách ledových, kdy jim ledovce bránily v šíření a plošném výskytu. S ohledem na ekologickou nenáročnost kuželíka drobného a jeho efektivní šíření např. prostřednictvím ptáků [7] usuzujeme, že se jeho populace v současnosti promíchávají, a nemohou vznikat nové samostatné druhy.

KRYPTICKÉ DRUHY: NEJEN AKADEMICKÝ PROBLÉM

Vše dosud znělo poměrně idylicky: Nové metody rozšiřují naše poznání a my můžeme na jejich základě zpřesnit odhady biodiverzity nebo třeba odhalit vzácné a ohrožené druhy a zdokonalit strategie jejich ochrany. Je zde však i několik důležitých problémů. Výsledky značné části studií dokumentujících údajně kryptické druhy nejsou podloženy dostatečně robustními a detailními daty. Některé závěry dokonce vycházejí z analýzy



3. KUŽELÍK DROBNÝ (*Euconulus fulvus*) je ekologicky nenáročný a morfologicky velmi variabilní druh. Evropské populace (vlevo) jsou světlé a relativně matné; jen některé horské mokřadní populace tíhnou k lesklejšímu a tmavšímu vzhledu. Populace z Asie a Severní Ameriky (vpravo) mají obvykle tmavě skvrnitý plášť. Na základě kombinace genetických, morfologických a konchologických znaků lze přesto usuzovat, že kuželík drobný představuje jeden biologický druh.

jediného genu, aniž by byly konfrontovány s ekologií, morfologií či dalšími vlastnostmi studovaného organismu. To však může být velká chyba. Genetická informace je pouze jedním typem znaků, který nám při rozlišování druhů pomáhá. Neměla by však být znakem jediným. Žádný druh není geneticky uniformní a jistá míra rozmanitosti může odrážet např. geografické rozšíření populací (zejména v případě mitochondriálních genů).

I studie s dobře podpořenými závěry však trpí dalším palčivým problémem – autoři objevů kryptických druhů se často spokojí s pouhým konstatováním, že našli nové druhy, ale nikdy nepřistoupí k jejich formálnímu vědeckému popisu. Důvod je prostý. Připravit a publikovat takový popis s použitím moderních analytických a statistických metod je většinou časově velmi náročné a často (bohužel) ve vědeckém světě poměrně nevýhodné. Kupříkladu v současném českém systému hodnocení vědy jsou přední taxonomické časopisy až na samém chvostu seznamu finančně

hodnocených časopisů oboru. Podle nové metodiky 2017+ nebudou až na výjimky hodnoceny vůbec.² Nemalá část biologů proto považuje za zajímavé pouze objevovat další a další kryptické druhy, které se pod různými provizorními názvy či autorskými zkratkami množí v literatuře. Takové formálně nepopsané „druhy“ však neumožňují plné využití nově nabytých znalostí, např. v ochranářské praxi. Na druhou stranu mezinárodní pravidla zoologické nomenklatury jsou archaicky benevolentní a za platný je považován i povrchní popis otištěný v lokálním časopise bez jakéhokoliv recenzního řízení. Lehkovážně a uceleně nepodložené popisování nových druhů pokaždé, když molekulární výzkum odkryje hlubší genetickou strukturu, je ovšem stejně nežádoucí, jako popis založený výhradně na morfologických znacích nejisté taxonomické věrohodnosti. Kvalitní taxonomie se tím dostává do slepé uličky.

Nechceme však být přehnaně pesimističtí. Mnozí biologové přistupují k problematice kryptických druhů odpovědně a vyvozují své závěry nejen ze znaků genetických, ale i z mnoha jiných. A činí tak s vědomím, že popis nového druhu by měl být vnímán jako hypotéza, kterou je třeba statisticky testovat, nikoliv jen subjektivně posuzovat. Chtěli jsme však zdůraznit, že

důsledná interpretace prvotně získaných genetických dat je pro taxonomické závěry zásadní. Kvalitní informace o existenci druhů jsou totiž pilířem nejen pro další výzkum dané skupiny organismů, ale také pro jejich efektivní ochranu a management. Pokud budeme kryptické druhy přehlížet, může se snadno stát, že o některé z nich vlivem člověka přijdeme, aniž bychom je stačili poznat. ●

K dalšímu čtení...

- [1] Struck T. H. et al.: Finding evolutionary processes hidden in cryptic species. *Trends in Ecology & Evolution* 33, 153–163, 2018.
- [2] Bickford D. et al.: Cryptic species as a window on diversity and conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 22, 148–155, 2007.
- [3] Trontelj P., Fišer C.: Perspectives: Cryptic species diversity should not be trivialised. *Systematics and Biodiversity* 7, 1–3, 2009.
- [4] Knowlton N.: Molecular genetic analyses of species boundaries in the sea. *Hydrobiologia* 420, 73–90, 2000.
- [5] Horskáková V., Nekola J. C., Horský M.: When is a “cryptic” species not a cryptic species: A consideration from the Holarctic micro-land snail genus *Euconulus* (Gastropoda: Stylommatophora). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 132, 307–320, 2019.
- [6] Horskáková V., Nekola J. C., Horský M.: Integrative taxonomic consideration of the Holarctic *Euconulus fulvus* group of land snails (Gastropoda, Stylommatophora). *Systematics and Biodiversity*, v tisku, 2019.
- [7] Horský M., Horskáková V.: Malakozoologův průvodce (makro)ekologií. *Živa* 5, 245–248, 2015.

1) Poznámka především pro malakozoologické čtenáře: Druh *Euconulus alderi* byl u nás v poslední době nazýván *E. praticola*, což je mladší synonymum téhož druhu.
2) Autoři článku nejsou taxonomové. Pouze si tu a tam, jako vedlejší produkt své činnosti, popíší nový druh. Nelze je proto podezírat z předpojatého zehrání nad nepřízní současného systému.