

## Diverzita štírů rodu *Euscorpius* – proč nedají ani současným arachnologům spát?

Obyvateli mírného pásu, Evropy nevyjímaje, mohou být štíři stále vnímáni jako ryze exotická zvířata dominující v pouštích či savanách tropů a subtropů. Málokdo přitom tuší, že se tento starobylý řád pavoukoců vyznačuje nebyvalou ekologickou plasticitou. Štíři žijí na rozmanitých stanovištích, mnohdy v extrémních klimatických podmínkách, napříč všemi kontinenty (vyjma Antarktidy) a za dobu své existence úspěšně osídlili nejen přílivové oblasti, tropické lesy, pouště i jeskyně, ale také velehory. Navzdory pozoruhodné adaptabilitě mají jednotnou tělesnou stavbu. Tato morfologická uniformita často komplikuje rozlišení blízce příbuzných druhů pouze na základě vnějších charakteristik. V posledních letech se proto hlásí ke slovu další přístupy, které mohou vyřešit spornou taxonomii štírů při využití jiných, nejen morfologických znaků. Konkrétně jde o molekulární přístupy, kdy se sledují jednotlivé nukleotidy v dané sekvenci, či cytogenetické metody, které mohou odhalit druhově specifické charakteristiky v počtu a morfologii chromozomů studovaných jedinců. Pro výmluvný příklad taxonomického chaosu nemusíme chodit daleko. Evropský rod štírů *Euscorpius*, který nadělal od dob C. Linného vrásky nejednomu zoologovi, je ideální modelovou skupinou pro kombinovanou studii. Morfologické, molekulární a cytogenetické znaky by společně mohly přispět k odhalení skutečné druhové diverzity.

### Obyvatel rozmanitých stanovišť

Štíři rodu *Euscorpius* jsou původní součástí evropské fauny. Jejich skrytý a nezapadlý způsob života patrně zapříčinil, že zdejší lidé mnohdy ani netuší, jak je Evropa ve skutečnosti na štíry relativně bohatým kontinentem. Přirozeně se vyskytují od Pyrenejí, přes Apeninský a Balkánský poloostrov, až po Turecko a Gruzii. Běžně je nacházíme v teplotně stabilněj-

ších přímořských oblastech i vysokých pohořích s nezanedbatelným ročním i denním kolísáním teplot (obr. 1–4 a 6). Jednotlivé druhy se nicméně liší ve svých ekologických preferencích. Někteří zástupci se vyznačují úzkou ekologickou valencí (např. *E. beroni*), a jsou tedy náročnější na biotické i abiotické podmínky dané lokalitami. V rámci rodu *Euscorpius* ale nalezneme také druhy eurytopní (např. *E. ter-*

*gestinus*, *E. sicanus*), které naopak obývají širokou škálu stanovišť. Výjimkou nejsou ani druhy antropotolerantní (např. *E. italicus* a *E. flavicaudis*, obr. 5), které mohou trvale žít v blízkosti lidských obydlí. Právě jejich koexistence s člověkem může být hlavní příčinou neúmyslného zavlečení (introdukce) těchto druhů na nepůvodní lokality. Díky tomu se můžeme se štíry setkat ve Velké Británii, kde na jižním cípu Anglie pravděpodobně již od konce 19. stol. úspěšně přežívají stabilní populace druhu *E. flavicaudis*. Zavlečení člověkem může být i jedním z vysvětlení výskytu štírů na území České republiky. Populace *E. tergestinus* u Slapské přehrady nicméně zanikla před několika desítkami let.

### Tradiční taxonomie rodu

Tito štíři přitahovali pozornost zoologů již od poloviny 18. stol. Typový druh, tehdy jako *Scorpio carpathicus*, popsal z oblasti Karpat v Rumunsku švédský přírodovědec Carl Linné (1767), zakladatel botanické a zoologické systematické nomenklatury. Název, jak ho známe nyní, získal rod o století později od švédského arachnologa a profesora zoologie Tamerlana Thorella (1876). Zpočátku bylo popsáno několik druhů a poddruhů primárně na základě zbarvení a tvaru těla (obr. 5). Ty ovšem bývají v řadě případů nejednoznačné. Vysoký polymorfismus těchto znaků byl zřejmý již od prvních souhrnných studií z počátku 19. stol. Zlepšení mělo přinést využití chetotaxie, jež se zakládá na podrobné analýze počtu a vzájemného uspořádání smyslových chlupů (trichobotrií) na těle živočicha. V případě štírů rodu *Euscorpius* zprvu šlo o celkový počet, později také o specifický vzor trichobotrií na makadlech (obr. 7). Za pomoci těchto znaků se systematika rodu *Euscorpius* postupně stávala přehlednější a získala jistý řád. Nicméně souběžně se studiem populací z dalších oblastí byla odhalena jistá omezení tohoto přístupu. Přestože byly některé druhy na základě uvedených charakteristik velice dobře definovány, v řadě jiných případů sledovaná morfologická kritéria nebyla dostačující. Výmluvně působí stav poznatků o druhové skladbě rodu *Euscorpius* na konci 20. stol., kdy se





**1 až 4** Ukázka rozmanitosti stanovišť, kde se štíři rodu *Euscorpium* mohou běžně vyskytovat. Prosluněné stráně s vegetací (obr. 1), přímořské oblasti (2), kamenné zidky (3, foto F. Kovařík) nebo opuštěná lidská obydlí (4, foto F. Kovařík)

**5** Příklady morfologicky výrazně odlišných druhů rodu *Euscorpium*. Zleva *E. italicus*, *E. flavicaudis* a *E. germanus*. Měřítko značí 1 cm.

**6** Další příklad různých biotopů vyhledávaných evropskými druhy štírů představují zalesněná humidní stanoviště. Snímky J. Plíškové, pokud není uvedeno jinak



výsledkem opakovaných taxonomických revizí stalo pouze pět platných (validních) druhů, zato bezmála 50 poddruhů.

#### Nový směr a pokrok v současném studiu

Tradiční taxonomie rodu *Euscorpium* zůstává výzvou pro trpělivé a vytrvalé badatele. Již na přelomu 19. a 20. stol. zoolog Alexej A. Bialynitsky–Birula (1864–1938), který působil v zoologickém muzeu v dnešním Petrohradu, ironicky poznamenal, že rod náleží do kategorie systematických sku-

pin, u nichž počet akceptovaných druhů závisí na tom, jak dobře je vyvinuta vašeň jednotlivých specialistů kompilovat dlouhé sloupce synonym druhových jmen. Zorientovat se ve změní původních prací svébytně interpretujících jednotlivé druhy, druhové komplexy a prováděné taxonomické změny, je vskutku obtížným úkolem. Rozdílné vymezení taxonů a jejich uznání ze stran různých autorů už tak těžkou úlohu ještě více znesnadňuje.

Navzdory výše popsané skutečnosti se za poslední dvě dekády zájem o tuto skupinu opět nebývale rozrostl. Tradiční klasifikace štírů byla doplněna o studium genetické variability druhů a populací. Zatímco u jiných živočišných skupin byly řadu let molekulární přístupy používány zcela rutinně, u štírů první takto zaměřené práce začaly vznikat teprve před 15 lety. Molekulárně genetické metody využívající mitochondriální nebo jaderné geny napomohly k odhalení kryptických druhů (např. *E. naupliensis*) a mnohé poddruhy na základě vysokého stupně genetické odlišnosti povýšily na druhovou úroveň (např. *E. balearicus*, *E. koschewnikowi*). U studovaných populací *E. italicus* a *E. flavicaudis* byla naopak navzdory jejich rozsáhlým areálům zjištěna značná míra genetické homogenity. Tento jev autoři vysvětlují tak, že populace obou druhů prošly prudkým snížením počtu jedinců v průběhu glaciálů, což vedlo k poklesu genetické variability (efekt hrdla lahve), jež zůstala i po rozsáhlé a rychlé kolonizaci nových oblastí spolu s člověkem relativně nízká.

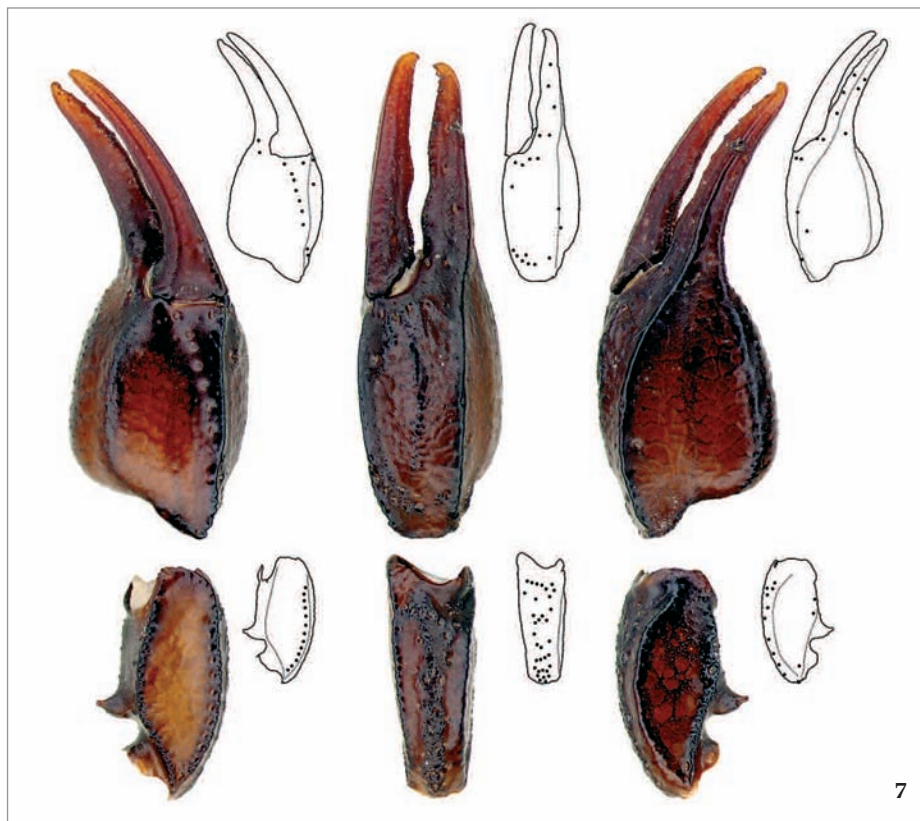
Během necelých dvou desetiletí vzrostl počet rozlišovaných druhů o 43. Ani v současnosti 48 uznávaných druhů však zdaleka neodráží druhovou bohatost rodu. Navzdory tomu, že se intenzita studia evropských štírů zvýšila, Balkánský poloostrov a Turecko nejsou zatím stále z větší části detailně prozkoumány.

#### Rozšíření druhů rodu *Euscorpium*

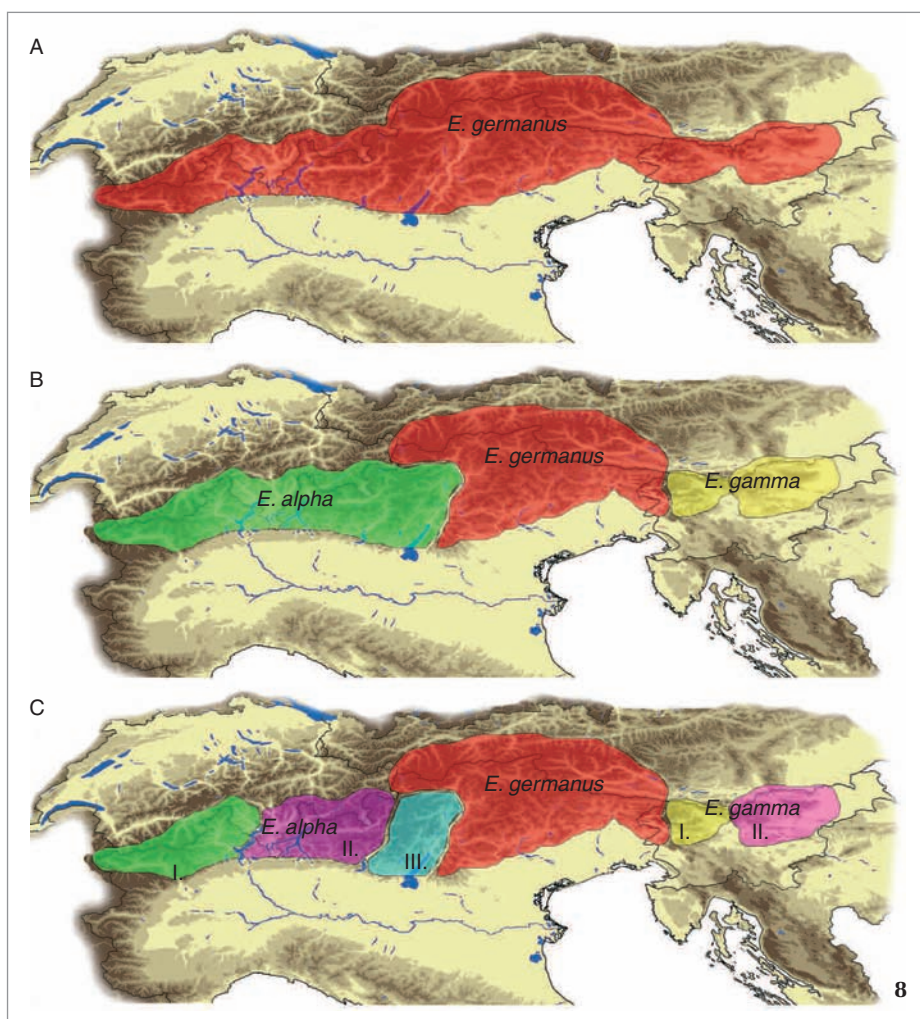
Společně s výsledky kombinovaných studií se v průběhu času měnil pohled na rozšíření jednotlivých druhů. Pomalu se ustupovalo od představy existence malého počtu druhů obývajících rozsáhlá území. Naopak se začalo v řadě případů uvažovat o koncepci lokálního endemismu. Poddruhy z určitého velice rozšířeného druhového komplexu by ve skutečnosti mohly odpovídat samostatným druhům s menšími areály. Tento postoj vyznívá logicky, vezmeme-li v úvahu konkrétní skutečnosti, jež tuto myšlenku podporují. Štíři totiž představují méně aktivní (sedentární) pavoukovce, kteří za normálních okolností nevykazují výraznou schopnost přirozeně se šířit a přemísťovat. Navíc, vyjma zmíněné introdukce, se nedokáží pasivně šířit (vzdušnými proudy, pomocí jiných organismů – forezie) na nová území. Řeky, jezera a vysoká pohoří tak pro ně tvoří přirozené geografické bariéry, které mohou významně přispívat k izolaci konkrétních druhů nebo populací.

Dobrym příkladem změny pohledu na rozšíření evropských druhů může být *E. germanus*. Tradičně zahrnoval několik





7



8

7 Ukázka rozmístění trichobotrií (smyslové „chlupy“) využívaných v taxonomii rodu – zde na makadle druhu *E. italicus*.

8 Diverzita a rozšíření endemických druhů rodu *Euscorpium* v Alpách. A – druhové pojetí podle tradiční taxonomie zalo-

žené na morfologických znacích (*E. germanus*); B – rozdělení na základě molekulárně fylogenetických analýz (*E. alpha*, *E. germanus* a *E. gamma*); C – výskyt 6 samostatných alpských linií na základě karyologických dat. Oba orig. J. Plíšková

poddruhů s nejasným vymezením a nevyřešenými vzájemnými vztahy, přičemž neustále panovaly dohady o jeho skutečném areálu. Dříve se předpokládalo, že osídlil široké území od severozápadní Itálie, přes Rakousko, Slovinsko až po Balkánský poloostrov. Moderní studie ovšem poukázaly na vysokou míru genetické odlišnosti vzdálených populací a představa rozsáhlého a celistvého areálu *E. germanus* se začala zvolna rozpadat. Z poddruhů *E. germanus* postupem let povýšily na druhovou úroveň *E. alpha* (Itálie, Švýcarsko), *E. gamma* (Rakousko, Slovinsko) a *E. croaticus* (Chorvatsko), jejichž areály se vzájemně nepřekrývají (alopatrický výskyt). Všichni jsou tedy endemity daných území. Druh *E. germanus* v užším pojetí (obr. 5) není výjimkou. Jeho výskyt se oproti původnímu pojetí omezil na oblast Alpského pohoří na území severovýchodní Itálie, Rakouska a západního Slovinska.

Podporu pro koncepci lokálního endemismu mají výše zmíněné druhy nejen v molekulárně genetických datech, ale i ve výsledcích našich cytogenetických analýz, které odhalily další zajímavé skutečnosti.

### Využití cytogenetických metod

Dobrým nástrojem pro řešení taxonomie blízce příbuzných druhů mohou být také cytogenetické metody, jež se zabývají ve své nejzákladnější podobě počty a morfologií chromozomů studovaných organismů. Právě studium specifického souboru všech chromozomů v jádře buňky (karyotypu) blízce příbuzných taxonů předcházelo molekulárně genetickým metodám studujícím konkrétní geny. S jejich nástupem byla klasická cytogenetika poněkud upozaděna. Stále však může hrát i v době progresivních přístupů významnou roli. Řada publikovaných prací potvrzuje, že detailní cytogenetická analýza může poskytnout důležité informace využitelné v taxonomii některých živočišných i rostlinných skupin.

U štírů vznikaly první cytogenetické práce již na počátku 20. stol. Jejich primárním cílem bylo mapování meiotického dělení včetně základního popisu karyotypu daných druhů. V současné době máme k dispozici základní karyologické údaje téměř u 100 druhů štírů. Při řešení otázky taxonomie štírů však chromozomální data zatím nebyla použita. Nejnovější cytogenetické analýzy rodu *Euscorpium* ukázaly, že chromozomální charakteristiky mohou tvořit další pomocný znak využitelný v taxonomii, jelikož karyotypy jsou zde na mezidruhové úrovni dostatečně variabilní. Pro vymezení druhu, jeho spolehlivé taxonomické zařazení a zjištění vzájemných příbuzenských vztahů, se však musíme vydat cestou kombinovaných studií, propojujících výsledky z několika metodických přístupů.

V rámci rodu *Euscorpium* jsme za pomoci morfologických, genetických a cytogenetických metod analyzovali populace tří výše zmíněných druhů – *E. alpha*, *E. germanus* a *E. gamma* – žijících na území Alp. Do studie jsme zahrnuli desítky jedinců z různých alpských lokalit, které z větší části pokrývaly areály jednotlivých druhů. Jedním z podnětů k identifikaci karyotypů alpských štírů bylo podpořit cytogenetic-

kými údaji publikované výsledky molekulárně genetických analýz, na jejichž základě byly tyto morfologicky uniformní druhy navzájem odlišeny (jak bylo uvedeno výše). Karyologická data nicméně odhalila, že stupeň endemismu je u této alpské skupiny patrně ještě vyšší, než se předpokládalo. Pouze jeden ze tří analyzovaných druhů, *E. germanus*, vykazoval v rámci svého areálu neměnný karyotyp. U druhů *E. alpha* a *E. gamma* byla doložena existence několika karyotypových ras, které se od sebe enormně liší diploidním počtem chromozomů. Jednotlivé rasy jsou geograficky odděleny a obývají relativně malá celistvá území. Ani v jednom případě nebyla dokumentována kontaktní zóna nebo částečný překryv areálů.

Při bližším pohledu na rozšíření jednotlivých druhů, resp. ras, se potvrdil klíčový význam geografických bariér, jež se podílejí na izolaci přirozeně sedentárních štírů. Mezi druhy *E. alpha* a *E. germanus* tvoří účinnou bariéru severoitalská řeka Adige. Hranici mezi karyotypovými rasami I. a II. druhu *E. alpha* představuje ledovcové jezero Maggiore. Geografickou bariérou mezi areály výskytu karyotypových ras II. a III. *E. alpha* je řeka Oglio protékající ledovcovým jezerem Iseo. U karyotypových ras *E. gamma* nebyla podobně významná bariéra nalezena, nicméně ne-

smíme zapomínat, že se vyskytují v oblasti členitých vysokých hor, které samy o sobě mohou vytvářet geografický izolační prvek.

Současně s analýzou chromozomálních charakteristik jsme též pátrali, zda míra genetické odlišnosti koresponduje se zjištěnými rozdíly na úrovni karyotypů alpských štírů. Molekulárně fylogenetické analýzy potvrdily, že jak v rámci druhů, tak na úrovni karyotypových ras jde o oddělené monofyletické linie. Nicméně genetická odlišnost mezi jednotlivými blízkými příbuznými rasami zdaleka neodpovídala výrazným rozdílům v karyotypech. Jinými slovy, pouze z molekulárně fylogenetických analýz a bez znalosti karyologie bychom nebyli schopni stanovit úroveň, na které se nacházejí geneticky izolované taxony – druhy.

Rutině využívaná taxonomická kritéria opět poukázala na problematiku morfologické uniformity štírů, jelikož u nově odhalených alpských kryptických druhů nebyly pozorovány morfologické rozdíly. Není ale vyloučeno, že námi zamýšlená detailní morfometrická analýza v budoucnu odhalí druhově specifické rozdíly.

#### Přínos kombinovaných studií

Alpští štíři jsou dobrým dokladem toho, jak mohou být kombinované studie užitečné v zoologické taxonomii. Kdybychom štíry

klasifikovali pouze na základě morfologických znaků, předpokládali bychom na území Alp výskyt jediného druhu – *E. germanus* (obr. 8A). Pokud bychom zvolili propojení morfologických charakteristik s genetickou skladbou populací, tento v současnosti nejvíce využívaný přístup by nám potvrdil další dva taxony, *E. alpha* a *E. gamma* (obr. 8B). Karyologická data ale poskytla další úhel pohledu a prokázala, že zde žijí nikoli tři, ale dokonce 6 geneticky izolovaných linií (obr. 8C).

Karyologie nám tedy umožnila detekovat kryptickou druhovou diverzitu štírů. Bez molekulárně fylogenetických analýz bychom nicméně netušili, jaká je vzájemná příbuznost konkrétních populací a druhů. Kombinace všech tří zmíněných přístupů proto tvoří silný nástroj a také příslib pro řešení komplikované taxonomie a odhalení skutečné druhové diverzity štírů rodu *Euscorpis*.

*Projekt č. 1350214 Trendy karyotypové evoluce v kontextu molekulární fylogeneze u modelového podrodu Alpiscorpis (Arachnida: Scorpiones) byl financován Grantovou agenturou Univerzity Karlovy v Praze.*

Použitou literaturu najdete na webové stránce Živa.

Jaroslav Smrž

## Co požívají a co skutečně tráví?

**Budete-li se zabývat zoologií, vždy (stejně jako většina dnešních zoologů), ať chcete nebo nechcete, začnete poznáváním druhů. Poznat, co žije kolem nás, co škodí na zahradě, ve skleníku, ve spízi, co se nám líbí, co nás osvěžuje a oblažuje život, příjemně bzučí, ale i co kouše. A to platí, přestože z toho kdysi vyplynula např. nepřesná a stále žijící a rozšířená definice biodiverzity jako pouhého seznamu vyskytovaných se druhů na lokalitě. Teprve při důkladném studiu vás začne zajímat biologie druhů, jejich vzájemné vztahy a význam pro potravní síť. Konzumovanou potravu můžeme studovat na různých úrovních – její velikost, spektrum (a tedy potravní specializaci sledovaného druhu), nabídku, nebo schopnost trávit, podmínky konzumace atd. U větších živočichů to může být poměrně snadné, většinou stačí sledování, v krajním případě pitva nebo jednoduchý experiment. U drobných forem se však musíme uchýlovat k velmi sofistikovaným procesům.**

V našem případě jde o roztoče (*Acari*) různých skupin živičích se opadem, půdními vláknitými houbami, bakteriemi či řasami, někdy se studie týkají i parazitů (tab. 1). Můžeme u nich vycházet z vnější morfologie, např. typu ústního ústrojí a určité korelace s přijímanou potravou, což ale nemusí být vždy úplně přesné. Jinou metodou představuje experiment formou nabídky potravy ať již prostým předložením jednoho typu nebo tzv. kafeeteria testem, tedy s několika typy potravy na jednom expe-

rimentálním prostoru (Petriho miska, box) a možností výběru. Tady ale musíme brát v úvahu umělé podmínky na rozdíl od přírodních a především znát využitelnost nebo stravitelnost dané potravy. Podstatná není jen schopnost pohltnout, ale hlavně trávit a zužitkovat. Jinak řečeno, není problém jenom pozřít (vzpomeňme si na nejrůznější bizarní sázky z mláďí!). U mnoha zvířat se totiž lze setkat s průchodem potravy střevem živočicha i v intaktní, nedotčené podobě, tedy s přítomností neporušených

a životaschopných buněk v exkrementu. S tímto fenoménem se setkáváme u živočichů, kteří často v potenciální potravě žijí (např. saprofágové, tedy konzumenti odumřelých pletiv či tkání). V tomto případě nejde o běžnou potravní nabídku, ale obklopení potravou, někdy s obtížnou migrací nebo zcela bez možnosti okamžitého úniku z dočasně či trvale nevhodných podmínek. Pak živočich pouze substrát sežere a ve střevě málo zužitkuje podobně jako otec Scholasticus kobylinky, tedy jde

**Tab. 1** Podřády roztočů (*Acarina* = *Acari* = *Acarida*) a jejich potravní zaměření

|                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| U nás žijící:                                                                                                                                                                                     |
| <b>Klíšťata</b> ( <i>Ixodida</i> ) – paraziti                                                                                                                                                     |
| <b>Čmelíkovci</b> ( <i>Gamasida</i> = <i>Mesostigmata</i> ) – většinou půdní dravci, ale i paraziti, výjimečně saprofágové                                                                        |
| <b>Sametkovci</b> ( <i>Actinedida</i> ) – většinou půdní dravci, ale i paraziti, výjimečně saprofágové, ale také významní fytofágové (a tedy potenciální škůdci hospodářských rostlin)            |
| <b>Pancířníci</b> ( <i>Oribatida</i> ) – půdní saprofágové, mykofágové i algivorové (žijí se řasami)                                                                                              |
| <b>Zákožkovci</b> ( <i>Acaridida</i> ) – půdní saprofágové, mykofágové, bakteriofágové, paraziti, několik čeledí žije i ve vodě, řada synantropů, a tedy i škůdců v zásobách potravin             |
| Exotičtí:                                                                                                                                                                                         |
| <b>Celoštítníkovci</b> ( <i>Holothyrida</i> ) – půdní dravci v Jižní a Střední Americe, Karibiku, Australasii, na ostrovech v Indickém oceánu                                                     |
| <b>Sekáčkovci</b> ( <i>Opilioacarida</i> ) – půdní saprofágové, žijí v severní Africe, na Blízkém východě, od jihu USA až do Jižní Ameriky, v Africe a na Madagaskaru, ve Střední Asii, Austrálii |