

## TROGLOBIONTNÉ CHVOSTOSKOKY (HEXAPODA, COLLEMBOLA) V SPRÍSTUPNENÝCH JASKYNIACH SLOVENSKA

Lubomír Kováč

Chvostoskoky sú skupinou bezstavovcov, ktorá je prítomná vo väčšine typov pôdneho prostredia. Vývojovo sú blízke hmyzu a ešte nedávno boli zaradované medzi bezkrídly hmyz – Apterygota. Patria medzi dominantné skupiny pôdnej mezofauny s veľkosťou tela v rozmedzí 0,5–3,0 mm. Charakteristickým morfológickým útvarom týchto živočíchov je skákacia vidlička, ktorá im slúži pri obrane pred predátormi a zároveň ako pomôcka pri prekonávaní prekážok.

Voľné podzemné priestory sú pre faunu špecifickým typom prostredia. Sú tu v zásade stabilné klimatické pomery, absencia svetla a chudobné potravné zdroje. Chvostoskoky možno všeobecne označiť za troglobilnú skupinu, pretože im mikroklimatické pomery jaskýň všeobecne vyhovujú. Limitujúcim faktorom je pre ne dostatok potravy, podobne ako pre iné živočíchy v tomto type prostredia. Ide o fungivornú skupinu fauny, ktorej potravou sú prevažne hýfy a spóry primitívnych húb, ako aj rôzne druhy rias. Nárasty jaskynnej mikroflóry sú sústredené predovšetkým na prítomnom organickom materiáli (netopierie guáno, naplavené drevo, napadané lístie a pod.). Nájdeme ich však aj priamo na sintri, a to v miestach, kam z povrchového pôdneho krytu presakujú vo vode rozpustené živiny.

Selekčný tlak tohoto typu prostredia vyvolal v priebehu evolúcie rôzny stupeň a rôzne typy špecifických adaptácií jaskynnej fauny. Z biologických a ekofyziologických adaptácií sa u jaskynných chvostoskokov pozorovalo napríklad spomalenie biologických procesov, tendencia hromadiť tuk v tkanivách a znižovať v nich obsah telesnej vody, vyššia odolnosť proti hladovaniu a nižší počet kladených vajíčok (Thibaud 1994). Na jaskyne adaptované druhy chvostoskokov je však možné odlíšiť aj pomocou zmien vo vonkajšej stavbe tela, t. j. pomocou tzv. troglobiomorfizmov. Takéto formy sú zbarvené pigmentu, t. j. sú bezfarebné, ďalej majú redukovaný počet očiek alebo sú úplne anoftalmické. Tieto znaky sú spoločné s adaptáciami euedafických druhov žijúcich v hlbších vrstvách pôdy. Typické pre kavernikolné chvostoskoky

sú však zreteľne predĺžené končatiny – tykadlá, nohy a furka. Zmyslové chlpy na povrchu tela sú u nich dobre vyvinuté a nápadne predĺžené.

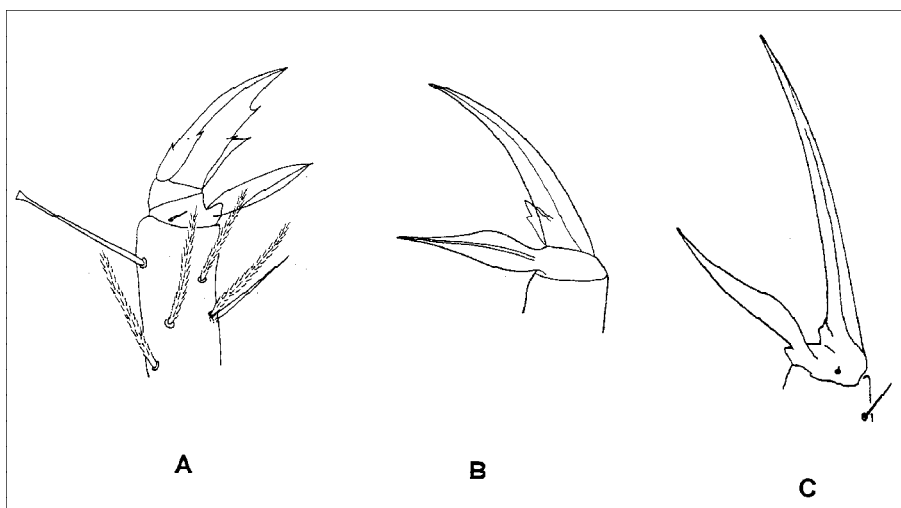
Ďalšie typické zmeny sa týkajú pazúrikov na nohách. Na obrázku 2 sú znázornené tvary pazúrika u troch odlišných druhov rodu *Pseudosinella* SCHÄFFER, 1897. Tento rod *Collembola* sa vyskytuje vo vysokom počte druhov jednak v pôdach nadzemných habitátov, ale aj v jaskyniach. Jednotlivé jaskynné systémy predstavujú izolovaný typ prostredia, čo spravidla následne vedie k vzniku nových druhov. Z obrázka vidieť postupnú zmenu od druhu obývajúceho lesnú hrabanku smerom ku kavernikolným formám. Prostredie lesných pôd reprezentuje západokarpatská *Pseudosinella horaki* RUSEK, 1985. Pazúrik (unguis) a empódium (unguiculus), t. j. väčší a menší prívesok na konci nôh, majú u tohoto druhu základnú stavbu – na vnútornej strane pazúrika sa nachádza jeden pár bazálnych zúbkov a jeden nepárový vnútorný zub. U jaskynných druhov

vnútorný zub zaniká a bazálne zúbky sa zväčšujú a posúvajú bližšie k nohe. Lamely pazúrika aj empódia sa zároveň zužujú a predlžujú. Takéto pozmenené štruktúry vidíme napríklad u *Pseudosinella aggtelekiensis* STACH, 1929, obyvateľa jaskýň Slovenského a Aggtelekského krasu. Až extrémnym prípadom je *Pseudosinella cabidochei* DEHARVENG, 1986 z priepasti Pierre Saint-Martin v Pyrenejách, ktorý má veľmi dlhý pazúrik a empódium a úplne zaniknuté bazálne zúbky. Takto pozmenené zakončenie nôh zvyhodňuje jedinca pri pohybe na klzkom sintrovom podklade a dokonca aj po vodnej hladine. Predpokladá sa, že príčinou tejto adaptácie je selekčný tlak prostredia, ktoré poskytuje potravu pre chvostoskoky v podobe nárastov mikroflóry na klzkých sintrových stenách jaskýň.

Tieto formy chvostoskokov možno všeobecne označiť za troglobionty, t. j. pravé jaskynné živočíchy. V Európe ich nájdeme hlavne v podzemných systémoch v mediteránnej oblasti, ktorá sa vyznačuje maximálnym endemizmom



*Pseudosinella aggtelekiensis* – troglobiontný chvostoskok zo Slovenského krasu. Foto: L. Kováč, G. Czišmárová



Formy pazúrka na nohách chvostokokov rodu *Pseudosinella*: a – pôdny druh *P. horaki* (Západné Karpaty), b – jaskynný druh *P. aggtelekiensis* (Slovenský a Aggtelejský kras), c – jaskynný druh *P. cabidochei* (Pyreneje, Francúzsko).

jaskynnej fauny (Juberthie a Decu 1994). Troglóbiontné druhy Collembola zasahujú svojim výskytom okrajovo aj do strednej Európy a obývajú aj naše jaskyne. Považujeme ich, podobne ako troglóbionty ďalších skupín bezstavovcov, za relikty teplomilnej terciérnej fauny. Príkladom je už spomínaná *Pseudosinella aggtelekiensis*, ktorá je podľa súčasných poznatkov endemitom Slovenského a Aggtelejského krasu. Bola zistená aj v neprístupných častiach Gombaseckej jaskyne a Domického systému (Čertova diera). Ďalším našim troglóbiontom z toho istého rodu je *Pseudosinella paclii* RUSEK, 1961, ktorý sa vonkajšou stavbou tela veľmi podobá na predchádzajúci druh, avšak líši sa od neho niektorými taxonomickými znakmi. Vyskytuje sa v krasových jaskyniach centrálnych pohorí Západných Karpát: Strážovské vrchy, Veľká Fatra, Nízke Tatry, Kozie chrbty a Slovenský raj (Paclt 1972, Kováč a kol. 1999). Zistený bol aj v sprístupnených jaskyniach – v Harmaneckej jaskyni,

Demänovskej ľadovej jaskyni, Demänovskej jaskyni slobody a vo Važeckej jaskyni.

Podobným evolučne plastickým rodom chvostokokov s množstvom kavernikolných druhov je *Arrhopalites* BÖRNER, 1906. Na našom území sa vyskytujú dva druhy s podobnými morfológickými adaptáciami ako pri rode *Pseudosinella*, vrátane zmien týkajúcich sa tvaru pazúrikov na nohách. *Arrhopalites aggtelekiensis* STACH, 1929 obýva viaceré jaskyne Slovenského raja (Kováč a kol. 1999) a niektoré časti jaskyne Baradla v Maďarsku (Stach 1945). Ďalším troglóbiontom z toho istého rodu je *A. buekkensis* LOKSA, 1969 vyskytujúci sa v Slovenskom a Aggtelejskom krase a v Bukovských vrchoch v Maďarsku (Loksa 1969, Kováč 1998). V našich sprístupnených jaskyniach ani jeden z týchto dvoch druhov zatiaľ nebol zistený.

Jaskynné živočíchý však nemusia mať nevyhnutne vyvinuté typické troglóbiomorfiemy. Ide hlavne o faunu žijúcu v energeticky bohatom

substráte, napr. v guáne netopierov (Christiansen 1992). Príkladom takýchto foriem je endemit jaskyne Domica *Arrhopalites slovacicus* NOSEK, 1975. Pri ich klasifikovaní ako troglóbiontov vychádzame z ich výskytu viazaného na jaskynné prostredie a prípadne z dostupných údajov týkajúcich sa biológie a fyziológie populácií týchto druhov.

V súvislosti s existenciou troglóbiontných druhov Collembola v slovenských jaskyniach sa vynára otázka, do akej miery sú tieto druhy indikátormi pôvodného, nenarušeného jaskynného prostredia. Riešenie tohoto problému bolo súčasťou prieskumu v rámci projektu Slovenskej vedeckej grantovej agentúry (VEGA) č. 2/4061/97 *Diverzita spoločenstiev jaskynných bezstavovcov biosférickej rezervácie CHKO Slovenský kras*, uskutočneného pracoviskom Ústavu zoológie SAV v Košiciach v rokoch 1997–1999. Jednou z lokalít intenzívnejšieho prieskumu bola Domica. Časť výsledkov možno bližšie dokumentovať porovnaním frekvencovaných druhov Collembola Domice s dvoma pre verejnosť neprístupnými jaskyňami v Slovenskom krase – jaskyňou Čertova diera a Ardovskou jaskyňou (tab. 1). Tieto dve človekom málo narušené lokality vykazujú znaky stabilných jaskynných biocenóz, hlavne čo sa týka ich nízkej diverzity (Hajdu 1977). Celkový počet Collembola tu bol v priemere o polovicu nižší ako v Domici. Podľa doterajších poznatkov vysoký počet druhov (diverzita) chvostokokov v Domici súvisí v zásade s dvoma faktormi:

1. prítomnosť podzemného toku a výskyt neprerodických záplav jaskyne – zapríčínujú splachy množstva povrchových druhov z okolia do jaskyne,

2. diverzifikácia potravných zdrojov – zavlčená organická hmota (drevo, slama) a lampová flóra poskytujú pre mikrofytofágnu zložku jaskynnej bioty neprirodzený (alochtonný) zdroj potravy (Dobat 1998).

Aj keď nie sú známe detailnejšie údaje o efekte lampovej flóry na spoločenstvá chvostokokov, jej priamy vplyv sa dá predpokladať. Domica je jaskyňou, v ktorej bolo elektrické osvetlenie nainštalované už v roku 1932 a nárasty lampovej flóry boli zo stien v blízkosti sve-

Tab. 1. Porovnanie prítomnosti frekvencovaných druhov chvostokokov (Collembola) v troch jaskyniach Slovenského krasu: Domica (1), Čertova diera (2) a Ardovská jaskyňa (3) (■ – frekvencovaný druh, ○ – prítomný druh).

Druh	Lokalita		
	1	2	3
<i>Arrhopalites buekkensis</i> (Loksa, 1969)			○
<i>Arrhopalites pygmaeus</i> (Wankel, 1860)	■	■	■
<i>Ceratophysella bengtssoni</i> (Agren, 1904)	■	○	
<i>Ceratophysella denticulata</i> (Bagnall, 1941)	○	■	
<i>Deuteraphorura</i> sp.	○		■
<i>Folsomia candida</i> Willem, 1902	○		■
<i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	■		
<i>Kalaphorura carpenteri</i> (Stach, 1919)		■	
<i>Megalothorax incertus</i> Bomer, 1903	■	○	○
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	○	■	○
<i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976	■		
<i>Oncopodura crassicomis</i> Schoebtham, 1911	○	■	○
<i>Protaphorura armata</i> (Tullberg, 1860)	■	■	■
<i>Pseudosinella aggtelekiensis</i> (Stach, 1929)		■	■
Celkový počet druhov	45	15	24

tiel definitívne odstránené až začiatkom 90. rokov (Macko 1996).

Negatívny vplyv človeka v jaskyni Domica je možné ďalej dokumentovať porovnaním výskytu frekventovaných druhov v Domici s ďalšími dvoma lokalitami (tab. 1). Troglobiontné druhy sa ukazujú ako dobré indikátory nenarušeného alebo málo narušeného jaskynného prostredia. *Pseudosinella aggtelekiensis* chýba v prehliadkových priestoroch Domice. Našli sme ju však v Čertovej diere, teda v neprístup-

nenej súčasti Domického systému, a ďalej v silnej populácii v Ardovskej jaskyni. Naopak, v Domici je pomerne hojný *Heteromurus nitidus* (TEMPLETON, 1835), synantropný druh so širokou ekologickou valenciou. Chýba v ďalších dvoch porovnávaných jaskyniach a jeho prítomnosť v Domici indikuje antropogénny efekt. V zmenených podmienkach sprístupnenej jaskyne zrejme vytlačil populáciu autochtónneho troglobiontného druhu *P. aggtelekiensis*. Ďalší troglobiont *Arrhopalites buekkensis* nebol zatiaľ

v Domickom systéme zaregistrovaný, vyskytuje sa však v pomerne silnej populácii v Ardovskej jaskyni.

Objasneniu vplyvu človeka na spoločenstvá Collembola a na jaskynnú faunu vôbec je potrebné venovať v našich sprístupnených jaskyniach ďalšiu pozornosť. Výsledky sledovaní môžu významne prispieť k ochrane jaskynného prostredia, ktoré je obývané vzácnymi a endemickými druhmi a zrejme ešte doposiaľ mnohými nepoznanými zložkami kavernikolných zoocenóz.

## LITERATÚRA

- CHRISTIANSEN K. A., 1992: *Biological processes in space and time: cave life in the light of modern evolutionary theory*. In: Camacho A. (ed.), *The natural history of biospeleology*. Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, 453–478.
- DOBAT K., 1998: *Flore de la lumière artificielle (Lampenflora – maladie verte)*. In: Juberthie C. & Decu V. (eds.), *Encyclopaedia biospeologica*, Tome II. Société de Biospéologie, Moulis – Bucarest, 1325–1335.
- HAJDU L., 1977: *The flora of Hungarian caves*. Karszt és Barlang, special issue, 39–42.
- JUBERTHIE C., DECU V., 1994: *Structure et diversité du domaine souterrain; particularités des habitats et adaptations des espèces*. In: Juberthie C., Decu V. (eds.), *Encyclopaedia biospeologica*, Tome I. Société de Biospéologie, Moulis – Bucarest, 5–22.
- KOVÁČ L., 1998: *Chvostoskoky (Hexapoda, Collembola) Ardovskej jaskyne*. *Natura Carpatica*, Košice, 39: 95–101.
- KOVÁČ L., KOŠEL V., MIKLISOVÁ D., 1999: *Collembola (Hexapoda) of the Slovak Paradise National Park*. In: Tajovský K., Pižl V. (eds.), *Soil Zoology in Central Europe*. Proc. 5<sup>th</sup> Central European Workshop on Soil Zoology, České Budějovice, 161–167.
- LOKSA I., 1969: *Zwei neue Arrhopalites-Unterarten (Collembola) aus Höhlen in Ungarn (Biospeologica Hungarica, XXX)*. *Opusc. Zool. Budapest*, 9 (2): 357–361.
- MACKO D., 1996: *Problémy prevádzky jaskyne Domica*. Zbor. konf. Sprístupnené jaskyne – ochrana, výskum a využívanie, Liptovský Mikuláš, 107–108.
- PACLT J., 1972: *Verzeichnis der Höhlen-Springschwänze Mährens und der Slowakei*. *Senckenbergiana biologica*, 33: 411–425.
- STACH J., 1945: *The species of the genus Arrhopalites occurring in European caves*. *Acta musei historiae naturalis, Krakow*, 1: 1–47.
- THIBAUD J. M., 1994: *For a biological and ecological classification of cavernicolous Collembola (Hexapoda)*. *Mémoires de Biospéologie*, 21: 147–149.

## SUMMARY

**The Western Carpathian caves are inhabited by several troglobitic Collembola, that are marked by troglobiomorphic characters: *Pseudosinella aggtelekiensis* (STACH, 1929), *P. paclti* RUSEK, 1961, *Arrhopalites aggtelekiensis* STACH, 1929 and *Arrhopalites buekkensis* LOKSA, 1929. Morphological adaptations may be documented, for example, by the shape of unguis and unguiculus on feet. Changed shape of these structures in troglobitic species serves as a very good tool when moving on the slippery cave substrate or surface of water pools.**

**Comparison of collembolan assemblages of the Domica Cave with caves not influenced by man was one of the goals carried out within the research project of VEGA in the Slovak Karst in 1997–1999. Show parts of the Domica Cave revealed features of unstable man-changed environment. At first, Collembola of this cave reached high species number. This fact may be explained by passive immigration of several species from above-ground watershed supported by streams and by diversification of food resources (transport of woody material, development of lamp flora). Secondly, troglobitic Collembola were absent in show spaces of the cave. *P. aggtelekiensis* was substituted by ubiquitous and synanthropic species *Heteromurus nitidus* (TEMPLETON, 1835). This may be accounted also for the negative human effect. Troglobitic Collembola appear basically to be good indicators of stable underground biocenoses.**