

Koprofilní houby v podzemí

Koprofilní houby tvoří specifickou skupinu vázanou na trus živočichů a půdu v jeho okolí. V přírodě nejrozšířenější a také nejstudovanější jsou druhy rostoucí na trusu herbivorů, hlavně hospodářských zvířat (krav, koz, ovcí, koní, králíků) a volně žijících savců (u nás především spárkaté zvěře, zajícůvců a různých hlodavců), kterým byl již věnován v Živě článek (2019, 1: 10–13). Neméně zajímavé koprofilní druhy hub se vyskytují na trusu dalších živočichů – hmyzožravých, všežravých a masožravých, ale i bezobratlých.

Exkrementy (trus, výkaly) jsou výměšky vznikající z nestrávených zbytků potravy, obohacené dalšími látkami během průchodu trávicí soustavou. Co se týká terminologie, výkaly většiny živočichů v češtině označujeme jako trus, spojení fekální pelety se používá hlavně v odborné literatuře u bezobratlých (v angličtině bývají exkrementy živočichů nejčastěji nazývány dung, v případě masožravců scat a u býložravého hmyzu frass). Vzhledem k odlišnému zastoupení zbytků potravy, různých látek i mikroorganismů ze střevního traktu je spektrum hub osídlujících jednotlivé typy trusu značně rozmanité. V některých

případech lze tak objevit i poměrně vzácné druhy hub – např. první nález relativně vzácně izolovaného druhu *Penicillium paradoxum* z České republiky byl nedávno publikován ze psiho exkrementu ve smíšeném lese na Křivoklátsku (Mykologické listy 2019, 141: 24–32). Trus obratlovců i fekální pelety bezobratlých v různém stupni rozkladu jsou nedílnou součástí půdy. Dokonce i v podzemí se můžeme setkat s různými druhy trusu a pozorovat jeho kolonizaci koprofilními houbami.

Podzemní prostředí v jeskyních, štolách, tunelech a dolech je jedinečné absencí slunečního světla, omezenou nabídkou potra-



2

vy a živin, téměř stálou, ale poměrně nízkou teplotou a dosti vysokou vzdušnou vlhkostí (96–100 %) v průběhu roku. Oba poslední faktory vytvářejí velice příznivé podmínky pro rozvoj mikroskopických hub včetně koprofilních v případě, že najdou vhodný substrát pro svůj růst. Teplota v podzemí zpravidla odpovídá průměrné roční teplotě vzduchu v nadzemním prostředí. V České republice je průměrná teplota ovzduší v jeskyních 7–11 °C, pouze ve vývěrových Zbrašovských aragonitových jeskyních 14,5 °C. Specifickým biotopem jsou tropické jeskyně, které mohou být přesycené živinami z vrstev guána kolonií netopýřů, nebo i s vysokou teplotou.

Živočichové v podzemí

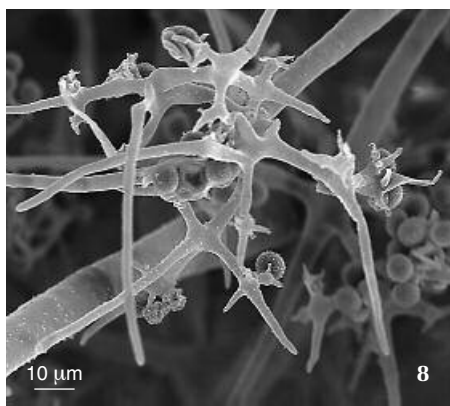
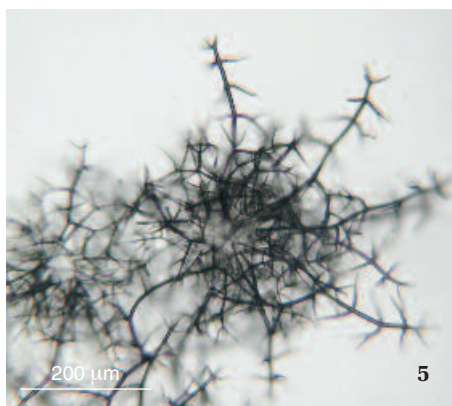
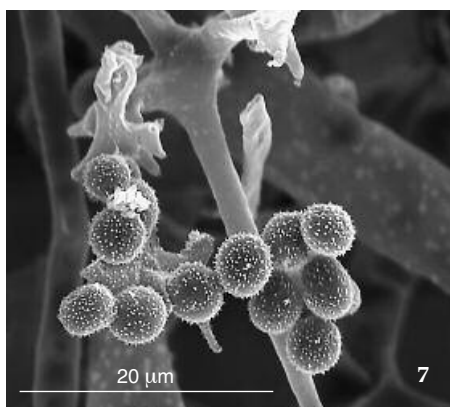
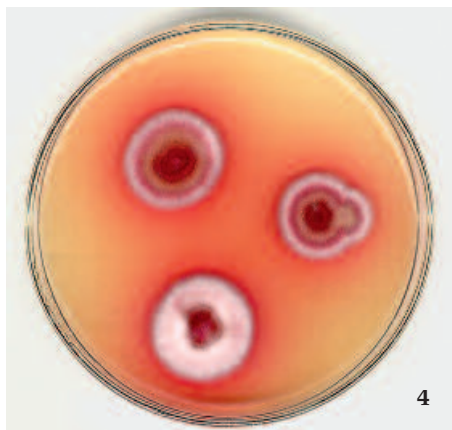
Podzemní prostory jsou osídlovány různými typy terestrických živočichů (podrobněji v Živě 2022, 1: 30–33). Jejich praví obyvatelé – troglobionti – se přizpůsobili specifickým podmínkám panujícím v podzemí a v jiném prostředí se nevyskytují. Druhou skupinu představují troglófilní druhy, které tyto prostory preferují, ale mohou se vyskytovat i mimo ně. Třetí skupina, troglonexeni, jeskyně občas navštěvují nebo jsou schopni v podzemí nějakou dobu žít, hlavně během hibernace, hnízdění a rození mládat (netopýři, medvědi, skunci apod.). Jeskyně i další takové prostory také navštěvují různí živočichové (např. kuna, plch, obojživelníci a zástupci hmyzu), kteří zde hledají úkryt před nepříznivými povětrnostními podmínkami. V letním období tato místa využívají pro ochlazení, v zimě naopak jako úkryt před mrazy. V jeskyních můžeme potkat i zvířata, která se sem dostala např. propadem či spláchnutím vodou při jarním tání sněhu nebo po přivalových deštích, a v podzemí většinou umírají postupným vyhladověním. Všichni tito „obyvatelé“ po sobě zanechávají stopu ve formě trusu a vzhledem k poměrně chudým podmínkám tohoto prostředí je přísun takového nového substrátu pro řadu podzemních organismů včetně koprofilních hub vítaným zdrojem živin.

1 Amatérská jeskyně v chráněné krajinné oblasti Moravský kras

2 Kolonie mukoroidní houby rodu *Mucor* (oddělení Mucoromycota) na kuním trusu v jeskyni Domica ve Slovenském krasu



1



V jeskyních následkem absence rostlin téměř chybějí herbivoři. Významnou úlohu v potravním řetězci mají hlavně detritofágové, v našich jeskyních především bezobratlí živočichové. Dále tu pobývají hmyzožravci (obojživelníci, netopýři), v menší míře hlodavci (plch, myši) nebo masožravci (kuna). Někteří navštěvují podzemní prostory cíleně za výhodným získáním potravy, např. kuny vstupují do jeskyní a opuštěných dolů v době hibernace netopýřů, aby snadno „ulovily“ zimující netopýry a obohatily si jídelníček, všežraví hlodavci pravděpodobně v podzemí nacházejí útočiště, v němž jsou chráněni před útokem predátorů. Trus se vyskytuje jak v místech, kudy se tyto živočichové do podzemních prostor dostávají (v blízkosti vchodu), tak v místech dlouhodobého pobytu troglobiontů i dočasných návštěvníků uvnitř jeskyní. Díky hibernaci netopýřů, a hlavně jejich letním koloniím se vytvářejí až mohutné depozity trusu, guánové kupy (letní kolonie najdeme spíše v jižnějších oblastech); trus však leží všude, kudy netopýři v podzemí létají. Pro trus netopýřů (a řady ptáků) obsahující kyselinu močovou ve formě bílých krystalků se užívá ter-

mín dropinky (anglicky droppings) a jeho depozity označujeme jako guáno (guano).

Rozmístění trusu jednotlivých živočichů v podzemí odpovídá jejich životnímu stylu – exkrementy kun a plchů přesně ukazují, kudy se tyto savci pohybují a kam až mohou od vchodu do jeskyně nebo štol migrovat. Méně nápadný je trus bezobratlých, při nepatrné velikosti ho snadno přehlédneme. Přesto při bližším ohledání okolí jakéhokoli organického materiálu (netopýřího guána, mrtvých těl živočichů, naplavených rostlinných zbytků nebo plodnic dřevokazných hub, ale i odpadků pohozených turisty či opomenutých jeskyňáři) můžeme objevit drobné fekální pelety stejnonožců, mnohonožek i chvostoků (angličtina má pro trus mnohonožek a stejnonožců výraz feces, v případě exkrementů žížal, obsahujících vedle zbytků potravy půdní substrát nebo sediment, casts). Obdobně nalezneme trus těchto živočichů i na sedimentech, na stěnách a krápnících. Dalším typem trusu jsou fekální pelety žížal, lidově nazývané žížalince. Mají vysoký obsah sedimentu a odlišné složení i obsah živin než okolní substrát a jsou osídleny specifickou mikro-

3 až 5 Žížaly *Aporrectodea rosea* a jejich trus v Nové Amatérské jeskyni (obr. 3). Vřeckovýtusná houba *Myxotrichum deflexum* (Ascomycota) opakovaně izolovaná ze žížalinců – kolonie na sladinném agaru (4) a charakteristické výrůstky na plodnicích (5)

6 až 8 *Chaetocladium brefeldii* (Mucoromycota) – vzhled kolonie na kuním trusu (obr. 6), detail sporangiol (jednosporických kulovitých sporangií, 7), které se vytvářejí na větvích sporoforu (8) zakončených dlouhými sterilními ostny. Snímky ze skenovacího elektronového mikroskopu (SEM, 7 a 8)

9 a 10 Charakteristické koremiální kolonie štětičkovce *Penicillium glandicola* (Ascomycota) – na kuním trusu (obr. 9) a detail konidioforů (SEM, 10). Koremia – prstovité útvary tvořené rostlými konidiofory, blíže v textu

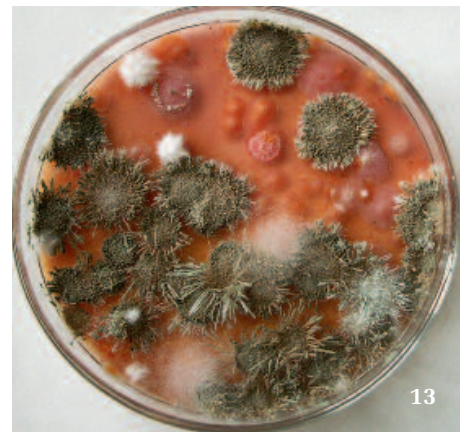
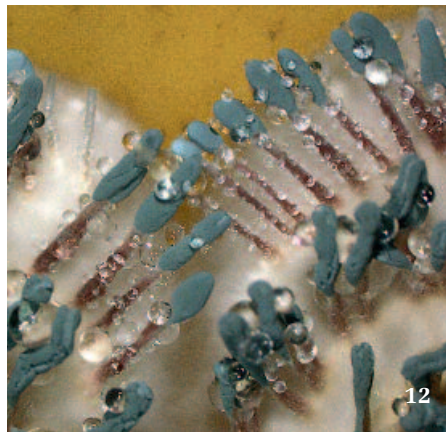
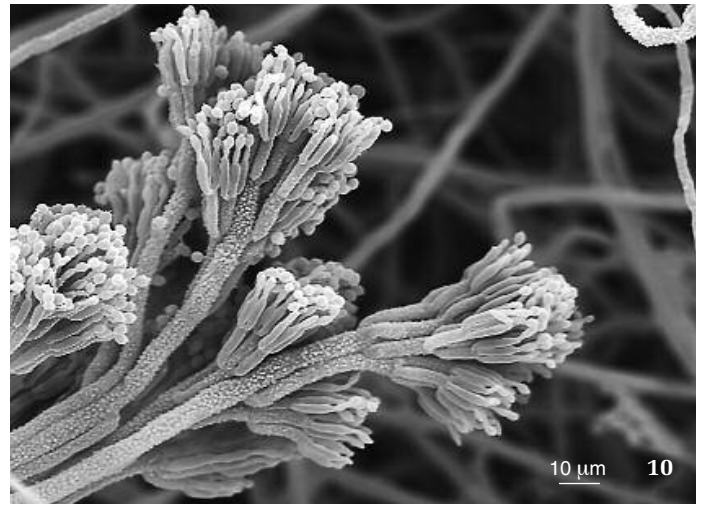
11 a 12 Štětičkovce *P. vulpinum* v jeskyních osídluje trus různých živočichů. Typická koremiální kolonie na Czapkově agaru s kvasničním extraktem (CYA, obr. 11) a detail typicky tvarovaných koremií na sladinném agaru (BWA, 12)

13 Petriho miska s koloniemi mikroskopických hub izolovanými z netopýřího guána na Sabouraudově agaru (SGA), převažuje štětičkovce *P. glandicola*.

14 Psí exkrementy s nárостem druhu *Rhizomucor pusillus* (Mucoromycota) ve vstupní části jeskyně Limanu, Rumunsko

biotou. Exkrementy leží na povrchu sedimentů v blízkosti podzemních vodních toků, ale kupodivu se nacházejí i v některých místech, kde bychom přítomnost žížal vůbec neočekávali, a poměrně daleko od vodního toku, dokonce v jeskyních, kde žádná podzemní řeka není. Skutečně mohutný výskyt trusu žížal je znám např. z Nové Amatérské jeskyně v Moravském krasu. Žížaly *Aporrectodea rosea* (obr. 3) a *A. caliginosa* se v minulosti dostaly do této distrofní jeskyně, charakterizované masivní akumulací rostlinného detritu a téměř žádným výskytem guána a dalších látek živočišného původu, a adaptovaly se na nové životní podmínky. Výsledkem jejich aktivity je obrovské množství trusu – trusinkové lavičky. A právě v této mase žížalinců roste vzhledem k přítomnosti látek ze střevního traktu žížal specifické společenstvo mikroskopických hub, odlišné a mnohem bohatší spektrum druhů, než jaké se nachází v okolním jeskynním sedimentu.

Všechny typy trusu v podzemí jsou postupně osídlovány různými mikroorganismy v závislosti na obsahu živin a hodnotě pH. I v podzemí probíhá postupná kolonizace včetně kompetičních vztahů mezi bakteriemi a houbami. Tato soutěž o substrát se odehrává podle stejných pravidel jako v nadzemních ekosystémech a během sukcese se na substrátu střídají zástupci mikrobioty, kteří jsou v daném okamžiku schopni využívat za daných podmínek trus jako zdroj živin. Zastoupení koprofilních hub tak můžeme pozorovat přímo v podzemí jako viditelné nárůsty a díky vysoké vzdušné vlhkosti vytvářejí některé druhy opravdu mohutné kolonie.



Jiné druhy nedokážou v konkurenci ostatních mikroorganismů zahájit svůj růst a jejich přítomnost na trusu se podaří prokázat až v laboratoři pomocí kultivace malého množství odebraného vzorku.

● Co roste na kuním trusu

Kuní trus je specifický nejen tvarem, ale i složením. Kuna, v tomto případě kuna skalní (*Martes foina*), patří mezi lasicovitě šelmy (Mustelidae), žíví se malými savci, ptáky, hmyzem, žábami, ptačími vejci, příležitostně i mršinami a tuto potravu si doplňuje také různými plody. Jak už bylo uvedeno, kuny se řadí k poměrně častým návštěvníkům podzemních prostor a o jejich pohybu ve štolách a jeskyních svědčí i hojné nálezy trusu, často s mohutnými nárosty koprofilních hub. Velice nápadné jsou na těchto exkrementech bílé až bílošedé kolonie mukoroidních hub (zástupci oddělení Mucoromycota a Zoopagomycota), vysoké i několik centimetrů. Tato skupina představuje první sukcesní stádium na mnohých substrátech, které kolonizuje, včetně trusu. Na kuním trusu byly nalezeny hlavně různé druhy rodů *Mucor* – např. plíseň hlavičková (*M. mucedo*), *M. hiemalis*, *M. circinelloides*, *M. piriformis*, *M. racemosus* –, *Absidia* a *Chaetocladium* (*C. brefeldii*, obr. 6–8, a *C. jonesii*). Oba známí zástupci rodu *Chaetocladium* jsou řazeni mezi koprofilní druhy, ale příležitostně také parazitují na jiných mukoroidních houbách. Mezi kosmopolitní taxony nacházené nebo izolované z různého trusu v jeskyních počítáme i druhy rodu *Phycomyces* – *P. blakesleanus* byl v minulosti používán jako modelový organismus a patří mezi nejprostudovanější houby vůbec, *P. nitens*



byl v jeskyních izolován z trusu drobných savců, hlavně kun. Tento fototropní druh (fototropismus je termín pro ohyb rostlin a hub směrem ke světlu při jejich růstu) je charakterizován spirálním růstem tmavě pigmentovaných sporangioforů s velkými sporangii. Při jeho kultivaci v laboratorních podmínkách se sporangiofory natáčejí směrem ke světlu, a ačkoli jim tento podnět v temném prostředí jeskyní chybí, vytvářejí naprosto stejné spirální sporangiofory jako při růstu na světle.

Hojně se na kuním trusu vyskytují různé druhy štětičkovce (*Penicillium*) čili nepohlavní vřeckovýtrusné houby (Ascomycota). Rod zahrnuje celou řadu koprofilních druhů včetně *P. glandicola* a *P. vulpinum*, vytvářejících na kuních exkrementech v jeskyních snadno rozpoznatelné nárosty. Kolonie *P. glandicola* s prstovitými útva-

ry ze srostlých konidioforů (obr. 9 a 10, koremia) byly hojně nacházeny v jeskyních, které kuny často navštěvují a v nichž zanechávají trus na turistickém chodníku nebo v jeho blízkosti, na zábradlí i na krápnících. Ze žlutavě zabarvených útvarů mezi modrozelenými koremií *P. glandicola* byl z kuního trusu izolován *Talaromyces variabilis* (dříve *P. variabile*), druh s hojným výskytem v půdách, kde se účastní stabilizace půdních agregátů vytvářením sítě hyf. Některé kuní exkrementy naopak nesly nárosty bílých kolonií, z nichž bylo v laboratoři vypěstováno *P. vulpinum* (obr. 11, 12 a na 2. str. obálky). Na růžově zabarvené sterilní „stopce“ se vyvíjí rozšířená, zpočátku bílá a později modře zabarvená fertilní část koremia. V některých případech lze tato koremia pozorovat narostlá na trusu již přímo v jeskyních.



15



16

● Mikromycety na trusu myši, plchů a dalších hlodavců

Drobní hlodavci jsou většinou všežraví s převahou rostlinné potravy, někteří výhradně býložraví. Patří mezi stálé návštěvníky jeskyní, v Evropě hlavně plši, zvláště plch velký (*Glis glis*) nebo p. zahradní (*Eliomys quercinus*), a různé myši nebo myšice. Jejich trus, obsahující rostlinné zbytky, nacházíme roztroušeně v celém prostoru jeskyní. Bývá porostlý již zmíněnými druhy štětičkovce (*P. vulpinum* nebo *P. glandicola*) či různými mukoroidními houbami, druhy rodů *Mucor* a *Absidia*. Některé koprofilní druhy byly izolovány z myších exkrementů bez viditelných nárostů, např. *Rhizomucor pusillus* z myšičího trusu nalezeného ve španělské jeskyni Altamira. Druh ale nelze považovat za specialistu na trus hlodavců, byl nalezen také v rumunské jeskyni Limanu na psím trusu (obr. 14). Tuto jeskyni nedaleko městečka Mangalia tvoří labyrint chodeb se dvěma vchody a nachází se pod travnatou plochou, kde se pasou krávy, kozy a ovce. Do jeskyně je v současné době volný přístup a v době letních veder ji pro ochlazení využívají nejen pasáci, ale i jejich psi. A právě na psích exkrementech ve vstupní chodbě rostly mohutné rezavé kolonie *R. pusillus*.

● Houby na netopýřím guánu

Trus netopýřů patří do zcela odlišné kategorie. Netopýři jsou převážně hmyzožraví, specializovaní na různé druhy převážně létajícího hmyzu od much a motýlů až po brouky. Většinu jejich trusu tudíž představují nestrávené zbytky vnější kostry hmyzu s vysokým obsahem chitinu, což ho odlišuje od trusu ostatních jeskynních živočichů, spolu s velkým množstvím moči v guánových depozitech a pH odlišným od jeskynního sedimentu. Čerstvé guáno je slabě kyselé až neutrální, ale postupně se jeho kyselost zvyšuje. Díky tomu osídluje tento substrát zcela specifické společenstvo hub, označovaných jako guánofilní (obr. 13 a 16). Vedle *P. glandicola*, pravidelně izolovaného z netopýřích guána a jeskynního sedimentu v okolí guánových depozitů, patří mezi guánofilní houby různé druhy rodu *Mucor* (obr. 17), kterým slouží jak jednotlivé netopýřích dropinky, tak povrch různých guánových depozitů a kup. Z nárostů na netopýřích dropinkách byl izolován také *Phycomyces nitens* a z guána byly opakovaně zjištěny tmavě pigmentované druhy nepohlavních vrčkovitých hub *Tetracoccosporium paxia-*



17

num, *Oidiodendron cereale*, *O. griseum* a druhy rodu *Cephalotrichum* (dříve *Doratomyces*) – *C. stemonitis*, *C. microsporium* a *C. nanum*. Všechny vyjmenované druhy lze považovat za typicky guánofilní, stejně jako *Coemansia aciculifera*. Zmíněná mukoroidní houba byla nalezena jako masivní nárost na starých, téměř polorozpadlých netopýřích dropinkách ve slovenské jeskyni Domica a později izolována i z povrchu starých guánových depozitů a okolního jeskynního sedimentu.

Na základě dlouhodobého pozorování se ukazuje, že kolonizace netopýřích guána v jeskyních může probíhat různě podle toho, jaké mikroskopické houby dropinky osídlí. Některé zůstávají trvale bez viditelných nárostů, přestože obsahují spory koprofilních hub, které jsou později v laboratorních podmínkách izolovány. Jiné dropinky již v jeskyních hojně porostou různými druhy rodu *Mucor* nebo na jejich povrchu uvidíme bílé či žluté drobné kolonie mikroskopických hub (v literatuře označované jako pustulky). Masivní výskyt výrazně žluté zbarvených kolonií na netopýřích dropinkách byl zaznamenán v několika jeskyních na Slovensku. Mikroskopické preparáty odhalily přítomnost kulovitých, bradavčitých konidií připomínajících tvarem a velikostí konidie vrčkovitých hub *Histoplasma capsulatum*, původce histoplazmózy – plicního či kožního onemocnění člověka po vdechnutí spor nebo infekci skrz poranění. Tato skutečnost odstartovala nejen pátrání po identitě nalezené houby, případně patogenní, ale i po zjištění jejího rozšíření v jeskyních. Vyústilo v popis nového druhu *Chrysosporium speluncarum*, nepatogenní houby s přímou vazbou na trus netopýřů, vyskytující se v řadě evropských jeskyní včetně našeho území, Slovenska, Slovinska, Maďarska a Rumunska (Živa 2017, 5: 213–217). Dalším nově popsáným

druhem z netopýřích guána je rovněž vrčkovitá houba, kropidlák *Aspergillus dobrogensis*, jehož sporulující kolonie byly nalezeny na guánových depozitech v rumunské jeskyni Liliacilor de la Gura Dobrogei. Mezi guánofilní patří i další zástupci rodu *Aspergillus* – ze starého netopýřích guána byly opakovaně izolovány *A. aureolatus* a *A. thesauricus*. Za typický guánofilní a koprofilní druh houby lze pokládat vrčkovitou *Amphichorda felina* (dříve *Beauveria felina*). V kultuře vytváří bílá prstovitá koremia pokrývající povrch celé kolonie, která můžeme pozorovat i v různých jeskyních na povrchu netopýřích guána nebo trusu myši.

● Houby na trusu bezobratlých

Bezobratlí nejsou v jeskyních tak nápadní jako netopýři a jiní drobní savci. Není to pouze důsledkem jejich nepatrné velikosti. Tito živočichové, zpravidla detritofágní, někteří mykofágní nebo bakteriofágní, obývají různá mikrostanoviště. Při troše pozornosti najdeme jejich fekální peletky v blízkosti mrtvého organického materiálu, který požírají. Malé peletky představují v chudém prostředí jeskyní bohatý zdroj živin a jsou osídlovány mikrobiotou. Spektrum mikroskopických hub izolovaných z fekálních peletek bezobratlých je mnohem bohatší než v jeskynním sedimentu nebo v guánu v jejich okolí, protože se materiál při průchodu střevním traktem obohatí o řadu látek, které se podílejí na trávení nebo v průběhu trávicího procesu vznikají. Nápadné fekální peletky stínky *Trachelipus troglobius* (stejnožci) hojně pokrývají stěny unikátní rumunské jeskyně Movile (obr. 18 a 19), která díky izolaci od venkovního světa obsahuje společenstvo organismů s vysokým stupněm endemismu. Základem potravního řetězce jsou chemoautotrofní bakterie (získávají energii oxidací chemických sloučenin a uhlík z oxidu uhličitého). Z těchto fekálních peletek v hloubce 25 m pod povrchem byl izolován *Spiniger meineckellus* (obr. 20), nepohlavní stadium stopkovitých hub kořenovníku vrstevnatého (*Heterobasidium annosum*, Basidiomycota), významného patogenu smrkových porostů. Nález byl překvapivý, protože jeskyně leží v poměrně suchém travnatém terénu, je zde zcela znemožněna komunikace mezi venkovním a jeskynním prostředím, nedochází k žádným splachům do podzemí a ani do této hloubky nedosahují kořeny rostlin. Jeskyně byla náhodně objevena

15 až 17 Vrápenci ve slovenské jeskyni Bobačka (obr. 15). Netopýří dropinky i guánové depozity osídľujú výraznými nárosty druhu rodu *Mucor* (16 a 17).

18 až 20 Troglobiontní stínka *Trachelipus troglolobius* v rumunské jeskyni Movile (obr. 18) a její fekální peletky (19), z nichž byl izolován *Spiniger meinelus*, anamorfní stadium stopkovýtrusného kořenovníku vrstevnatého (*Heterobasidium annosum*, Basidiomycota). Desetidenní kolonie na sladinném agaru (20)

21 až 23 *Pidoplitchkoviella terricola* (Ascomycota) – vzácný nález byl kultivován ze žízalinců v jeskyni Domica. Desetidenní kolonie na mrkvovém agaru (CA, obr. 21), plodničky (22) a trojúhelníkovité askospory (SEM, 23). Snímky A. Novákové

v r. 1986, po prvním průzkumu hermeticky uzavřena a výzkum pak probíhal v 90. letech, od té doby jsou zdejší návštěvy sporadické. Pro vstup je vyžadováno naprosto čisté oblečení i veškeré vybavení, probíhá dvofázová kontrola, aby nebyl zanesen žádný organický materiál a oba vchody se důmyslně hermeticky uzavírají. Zůstává tedy nevysvětleno, jak se spory patogenu dostaly do jeskyně a prošly středním traktem uvedené stínky.

Obdobnou záhadou je výskyt spor vřecovýtrusné houby *Pidoplitchkoviella terricola* v jeskyni Domica, kde byla izolována z fekálních pelet odebraných na povrchu stalagmitu (obr. 21–23). Předtím byl znám pouze jeden izolát získaný z rhizosféry původem severoamerického dubu červeného (*Quercus rubra*) na Ukrajině, na jehož základě byl druh popsán.

Dimargaris bacillispora z oddělení Zoopagomycota patří spolu s ostatními druhy rodu mezi koprofilní houby, popsané z trusu různých živočichů. *D. bacillispora* byla v minulosti nalezena na trusu netopýřů v Pákistánu a tapířím trusu v Brazílii, izolovat se jí podařilo z myšího trusu v Kalifornii, Arizoně a na Floridě a z trusu ještěřky v Mexiku, vždy v poměrně teplém podnebí. Její výskyt v jeskynním prostředí byl zaznamenán při použití sedimentu z jeskyně Domica v laboratorních chovech jeskynních chvostoskoků. Na fekálních peletkách chvostoskoků opakovaně narostly větvené sporofory s merosporangii (válcovitými útvary s malým počtem spor umístěných v řadě nebo řetízkovitěm útvaru, typické např. pro rody *Kickxella*, *Dimargaris*, *Syncephalastrum*, *Piptocephalis*, *Coemansia* či *Dispira*), houbu se podařilo izolovat a dále kultivovat. Výskyt *D. bacillispora* v sedimentu jeskyně Domica byl prokázán pomocí návnady, metody nazývané anglicky bait technique. Izolace mikromycet pomocí návnady se používá pro cílené získání specifických druhů hub z určitého prostředí (půdy, sedimentu, opadu apod.), např. pro celulolytické houby se na povrch substrátu pokládají kousky sterilního filtračního papíru, v případě keratinofilních hub jako návnada slouží sterilní dětské vlasy či ptačí peří. Pro izolaci *D. bacillispora* byly použity agarové disky (sladinný a dichloranový agar), čtyři dny rozložené na povrch jeskynního sedimentu na několika místech. Po kultivaci v laboratoři se na nich skutečně podařilo objevit charakteristické sporofory. *D. bacillispora* se účastní



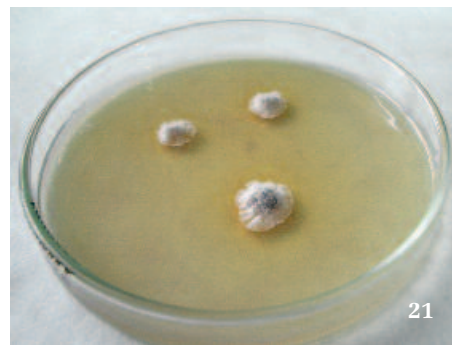
18



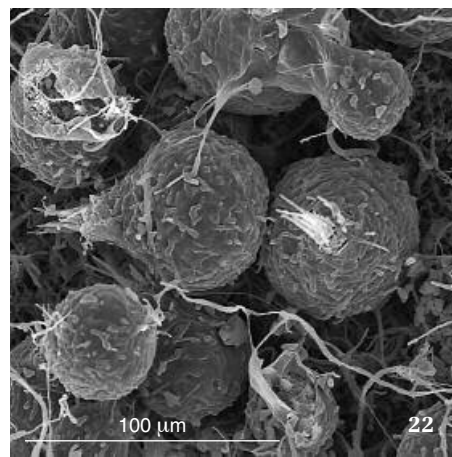
19



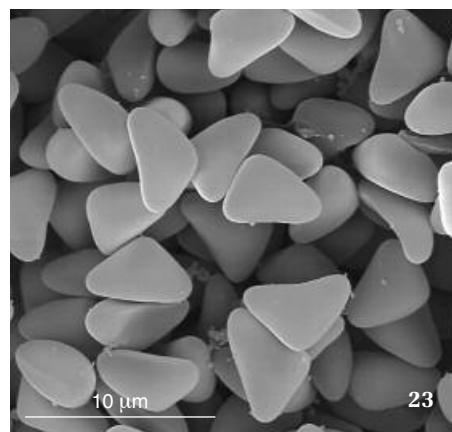
20



21



22



23

nejen dekompozice fekálních peletek bezobratlých, ale byl zaznamenán i další aspekt jejího výskytu v podzemí – z laboratorních chovů máme opakovaně potvrzen její růst na mrtvých tělech chvostoskoků a stejnonožce *Mesoniscus graniger*. Ale to už je jiná kapitola trofických vztahů v podzemním prostředí.

Metody studia mykobioty podzemí

Cílená izolace koprofilních hub probíhá většinou kultivací exkrementů ve vlhké komůrce a postupným přeočkováváním narostlých konidioforů, sporoforů nebo plodnic. Údaje o výskytu koprofilních druhů jsem získala v rámci komplexního studia mikromycet v podzemních prostorách, které zahrnovalo izolaci z ovzduší a ze všech nalezených substrátů – ze sedimentů, z povrchů stěn a speleotém (stalaktitů, stalagmitů, jeskynních hieroglyfů, nickamínku), mrtvých těl živočichů a jejich koster, různého organického materiálu a exkrementů různého typu (viz výše citovaný článek v Živě 2017, 5). Pokud není v textu uveden jiný metodický přístup, byly koprofilní houby izolovány buď přímo z nalezených viditelných nárostů přenesením na povrch

agarového média v Petriho misce. Případně byly exkrementy či jejich část odebrány do sterilních mikroskopavek, zkumavek nebo lahviček a izolace probíhala v laboratoři přímo – přenesením na povrch agaru (nárostů hub nebo části trusu) či zředovací plotnovou metodou, při níž se z odebraného materiálu vytvoří protřepáním ve sterilní destilované vodě suspenze a pipetou se nanese zhruba 1 ml na povrch izolačního média v Petriho misce. Jako médium se používá např. dichloranový (DRBC), Sabouraudův (SGA) nebo sladinný (BWA) agar, tedy média vhodná pro růst širokého spektra mikroskopických hub. Spektrum izolovaných hub závisí jak na použité metodice a na počtu odběrů vzorků a izolací, tak je také „dílem štěstěny“, náhodného nálezu nebo šťastné konstelace při izolaci. Obecně platí, že výsledky z opakovaných odběrů mají větší výpovědní hodnotu.

Dlouhodobý výzkum ukázal, že koprofilní houby mají v podzemí velice dobré podmínky pro svůj rozvoj. Jejich růst není omezován výkyvy teploty a vlhkosti ani nedostatkem světla a díky schopnosti rozkládat trus jsou neúplnou součástí koloběhu živin v podzemních prostorách.