

# Síla sukcese

## Úloha půdních živočichů v sukcesi

Josef Rusek

Studium půdní mikrostruktury a vývoj různých forem humusu v nestejně starých sukcesních stadiích na haldách bývalé chemické továrny na severovýchodní Moravě, které jsme si přiblížili v minulé části (Živa 2006, 3: 128–131), umožnilo rekonstrukci účasti půdních organismů na 84 let trvajících půdotvorných procesech. Na půdních výbrusech můžeme pozorovat a hodnotit stav a stupeň rozkladu listového nebo dřevního opadu a účast půdních živočichů na rozkladných procesech a na tvorbě humusu, půdní mikrostruktury, chodbiček v půdě a vytváření organicko-minerálních komplexů (promíchávání mrtvé organické hmoty s jílovými minerály nebo i s většími úlomky horniny). Výbrus umožňuje stanovení množství vzduchových prostůrků, zastoupení minerálních částic a úlomků hornin v půdě, ale i stupeň prokořenění a výskyt mykorhizních hub.

Půdní výbrusy jsou obdobou výbrusů hornin a umožňují studium půdního profilu pod mikroskopem. Na rozdíl od tvrdých či

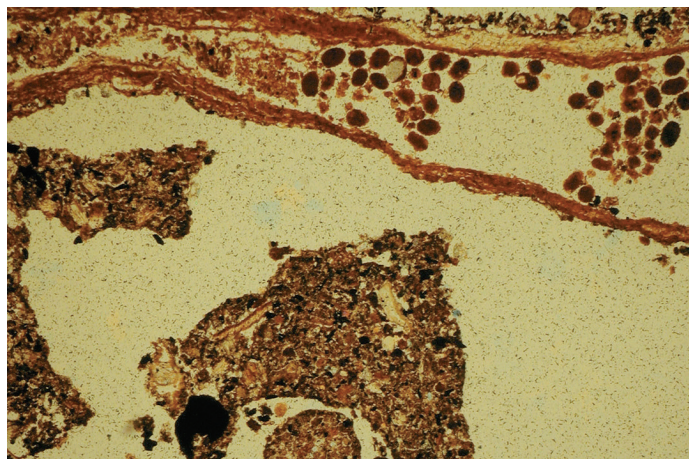
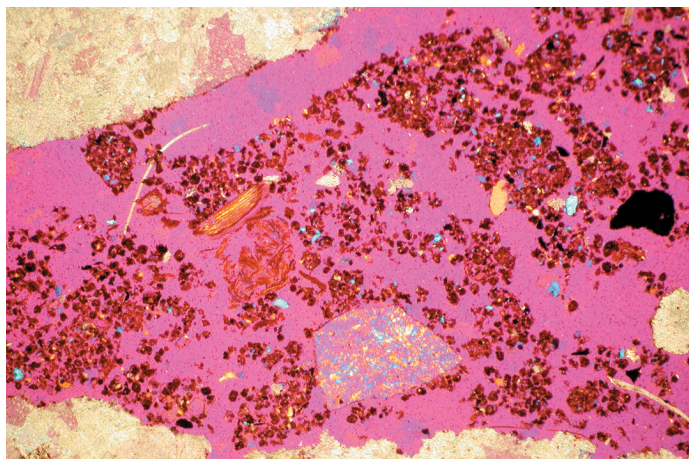
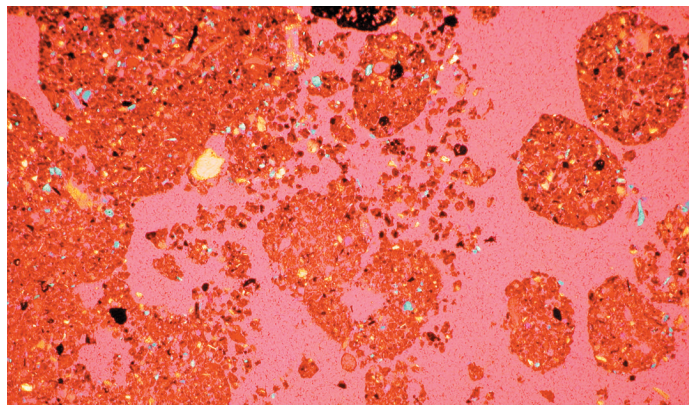
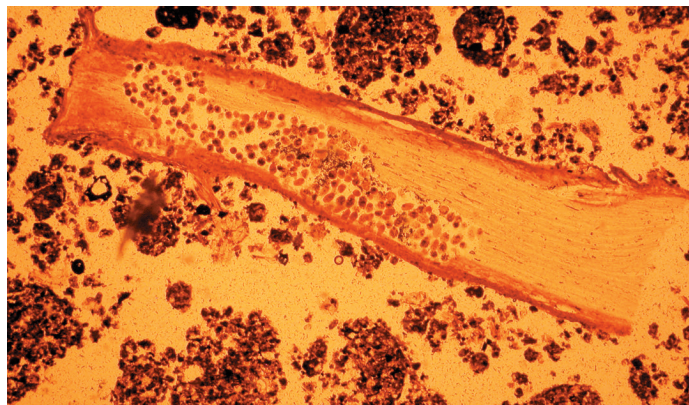
měkčích hornin je příprava půdy k výbrusům podstatně složitější, neboť jde o neztvrdlý materiál, ve kterém se snadno nesprávnou manipulací naruší původní mikroskopické struktury. Proto se již při odběru půdních vzorků v terénu musí postupovat tak, aby nebyla mechanicky narušena původní skladba půdy. Vzorky půdy k výbrusům se proto odebírají do kovových rámečků s víčky, v laboratoři se odvíčkované nechají pomalu vyschnout a přibližně po měsíci se suchý vzorek opatrně přenesou do hliníkové nádoby a ve vakuu se zalije do zředěného monomeru polyesterové pryskyřice bez přísady tvrdidla a urychlovače. Po pomalé polymeraci trvající za laboratorní teploty asi jeden měsíc můžeme vzorek ztvrdlý na kámen dále zpracovávat na dia-

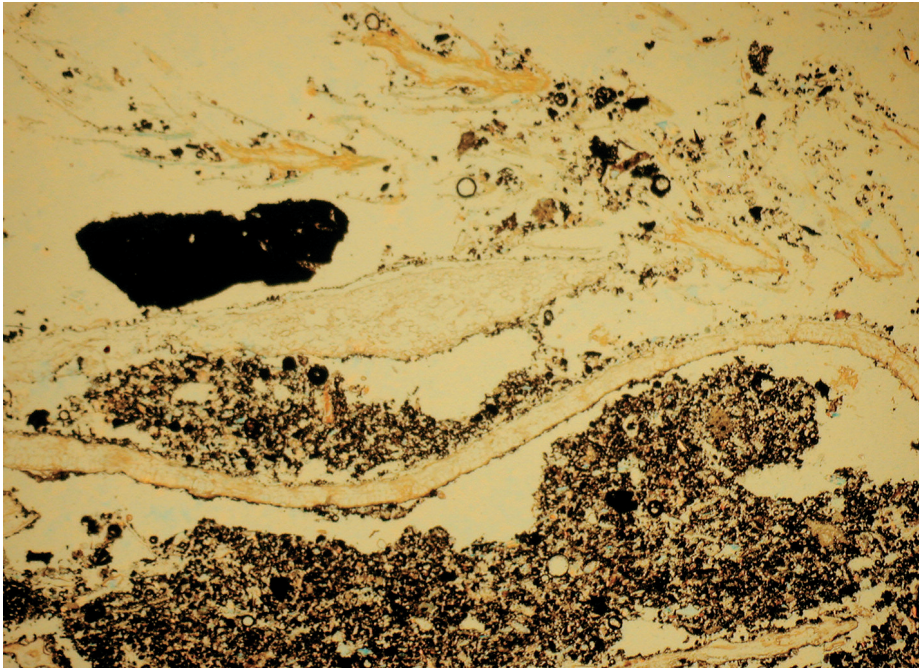
*Nahoře mikrostruktura moderové rendziny v teplomilné doubravě Českého krasu. Větvička dubu vyhlodaná roztoči čel. Phthiracaridae, jejíchž charakteristicky zbarvené oválné exkrementy dutinu vyplňují. Mimo větvičku drobné hnědé exkrementy chvostoskoků, větší kruhovitě mnohonožek a u spodního okraje velké exkrementy epigeických žížal. Výbrus protorendziny z Českého krasu, polarizované světlo (dole). Žlutě zbarvené úlomky vápence, růžové pozadí prostory vyplněné půdním vzduchem. Černo-hnědé částičky exkrementy chvostoskoků promísené žlutými a modrými minerálními částicemi, větší hnědé útvary exkrementy mnohonožek*

mantových pilách a přesných kotoučových bruskách na půdní výbrusy. Jako velké mikroskopické preparáty je pak můžeme použít pro pozorování a vyhodnocování v procházejícím normálním a polarizovaném světle při různém zvětšení.

V prvních fázích sukcese na uvedených haldách se činností drobných půdních hub — mikromycetů začal vyvíjet surový humus, který tvořil tenkou, někdy až 1 cm silnou černou vrstvičku přeměněnou na 15leté červené haldě (po výrobě kyselin) činností chvostoskoků a v menší míře dvoukřídlých (Diptera) na mikroartropodový surový humus (mikroartropoda jsou drobní členovci). Exkrementy uvedených skupin půdních organismů — edafonu požírajících surový humus zde vytvářejí základ této formy humusu. Na 20leté haldě s porostem trsů trav lipnice luční (*Poa pratensis*) a medynku vlnatého (*Holcus lanatus*) vznikla činností roupic (*Enchytraeidae*), chvostoskoků (*Collembola*), larev dvoukřídlých a epigeických (povrchově žijících) žížal přechodová forma, tzv. surový humus-moder. Ten dosáhl na 25leté červené haldě s raně sukcesním porostem lesa lipové doubravy *Tilio-Quercetum* tloušťky 3–5 cm. V dalším 24letém vývoji se na čer-

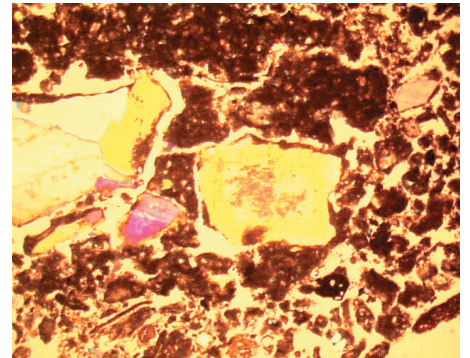
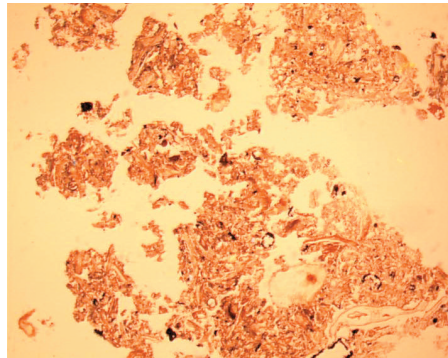
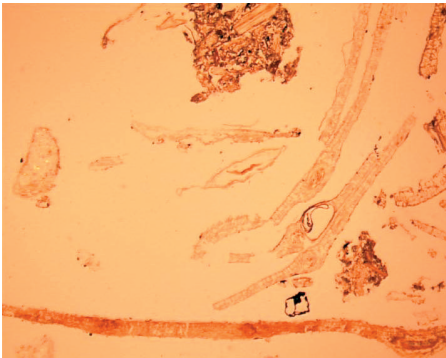
*Nahoře výbrus mulovitou rendzinou s porostem společenstva kostravy sivé (*Festuca pallens*), polarizované světlo. Růžové pozadí vzduchové prostůrky, modře a žlutě zářící minerální částice jsou součástí kulovitých exkrementů mnohonožek a velkých exkrementů endogeických žížal. Drobné hnědé exkrementy chvostoskoků. Dole výbrus horní části půdního profilu teplomilné doubravy Českého krasu v normálním světle. Světlo pozadí vzduchové prostůrky, v horní části vrstvy humifikovaných dubových listů, mezi nimi nesouvislá výplň drobných exkrementů chvostoskoků a oválných exkrementů pancířníků. Pod opadem jsou velké nepravidelné exkrementy epigeických žížal*



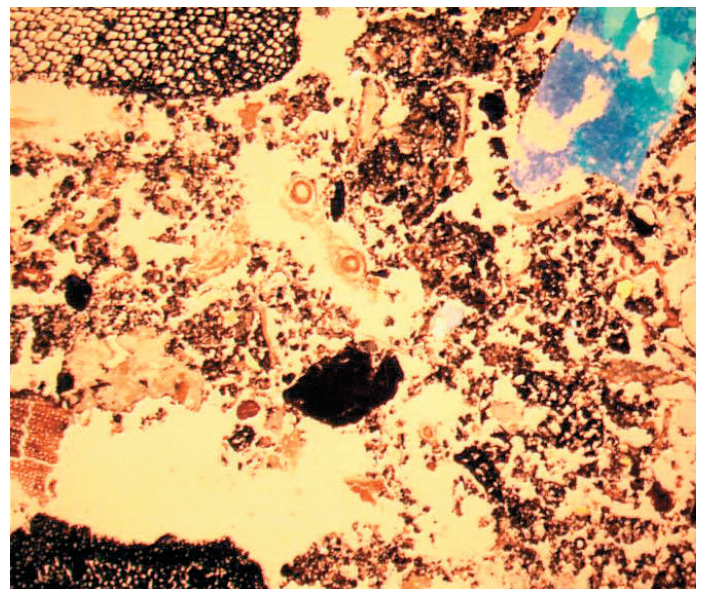
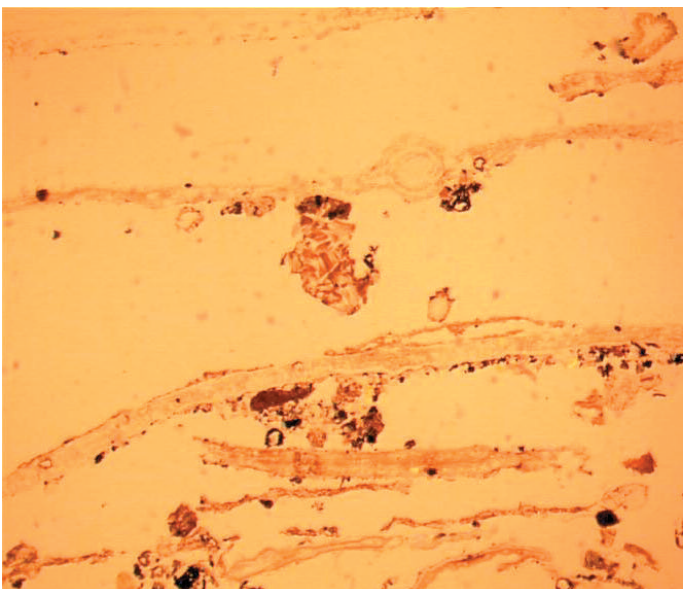


Zleva: Půdní výbrus z 15leté červené haldy po výrobě kyselin (pH 4,8) bývalé chemické továrny v Petrovicích u Karviné, vrstva 0–5 mm. Nahoře jsou patrné stélky mechu s drobnými černými exkrementy chvostoskoků (*Collembola*), velký „lichoběžníkový“ kus mechanicky nerozloženého surového humusu. Nerozložený listový opad nasedá na haldový substrát (pod mikroskopem je černý) smíchaný s exkrementy chvostoskoků (ve všech mikroskopických snímcích je kratší strana rovna 5 mm) ♦ Půdní výbrus z 25leté červené haldy, vrstva 0–5 mm listového opadu s exkrementy chvostoskoků, roupic (*Enchytraeidae*) a larev dvoukřídlých (*Diptera*). Forma humusu surový humus–moder

Zleva: Půdní výbrus z 84leté bílé haldy po výrobě sody, vrstva 0–5 mm. Listový opad částečně mechanicky rozložený, větší exkrementy vyprodukované larvami dvoukřídlých. Forma humusu je moder ♦ Půdní výbrus z 84leté bílé haldy, vrstva 1,5–2 cm. Moderová forma humusu je tvořena exkrementy epigeických — v povrchové vrstvě žijících žížal (*Lumbricidae*) s vmíšenými drobnými zbytky černých částic surového humusu ♦ Půdní výbrus z 84leté bílé haldy, vrstva 9–9,5 cm. Surový humus se žlutými a narůžovělými krystalickými částicemi bílého substrátu v částečně polarizovaném světle



Zleva: Půdní výbrus ze 49leté červené haldy, vrstva 0–5 mm. Listový opad s drobnými tmavohnědými exkrementy chvostoskoků, většími exkrementy roupic a larev dvoukřídlého hmyzu. Forma humusu moder–surový humus ♦ Půdní výbrus ze 49leté červené haldy, vrstva 1–1,5 cm. Exkrementy larev dvoukřídlých a roupic, nejmenší exkrementy vyprodukovali chvostoskoci. Forma humusu moder–surový humus





*Lišejníky jsou prvními sukcesními dominantami rovněž na rulových balvanech v alpském pásmu Karpat (vrchol Tomanova brbu v Tomanově dolině, Západní Tatry). Obývají je epigeické druhy chvostoskoků a pancířníků (Oribatida). Na místech s tenkou zárodečnou vrstvičkou půdy žijí již i náročnější hemiedafické druhy chvostoskoků. Snímky J. Ruska*

vené haldě postupně mění humus na formu moder-surový humus. Černé částčky surového humusu se stávají menšími a méně dominantními v exkrementech hlavních tvůrců tohoto profilu, jimiž jsou chvostoskoci, roupice, larvy dvoukřídlých a epigeické žížaly.

Tvorba humusu na červeném haldovém substrátu byla podstatně příznivější než na substrátu bílém (po výrobě sody), kde vývoj dospěl během 60 let pouze do stadia surový humus-moder. V následujících 24 letech sukcesního vývoje se na 84leté bílé haldě v horních částech humusového horizontu vyvinula moderová forma s přechodem do formy moder — surový humus silné 3–5 cm a tato vrstva doseďá na bílý haldový substrát v hloubce 7,5–9 cm (pozvolný přechod charakterizuje šedá barva s přechodem do bílé). Pancířníci (*Oribatida*) rozkládající dřevo, korková pletiva, mrtvé kořeny a větvičky se stali důležitou a pravidelnou součástí dekompozičního řetězce na 84leté haldě. Jejich exkrementy tvoří charakteristickou součást moderové formy humusu.

Během sukcesního vývoje na haldách se rovněž zvyšoval procentní podíl obsahu vzdušných pórů v humusovém profilu, což také souvisí s činností půdních živočichů. Např. v hloubce 10–15 mm bylo v minerálním substrátu 15leté haldy 15 % vzduchových pórů, na 20leté haldě (v surovém humusu-moderu) 18 %, na 49leté haldě 31 % a na 84leté haldě 34 % vzduchových pórů. Rovněž množství rostlinného opadu na povrchu vyvíjející se půdy se sukcesním stářím vzrůstalo od 15leté (24 %), přes 20 a 49letou (43 a 56 %) po nejvyšší hodnoty na 84leté haldě (73 %).

Abychom poznali rozdíl mezi sukcesí na haldách s extrémními chemickými substráty a přirozenými sukcesními pochody, musíme ji porovnat s primární sukcesí na normálních horninových substrátech (Živa 2000, 5: 217–221), např. na vápenci. Sukcese na haldových substrátech chemické továrny se lišila v řadě pochodů a ve složení půdní fauny od sukcese xerothermních (su-

chých a teplomilných) rendzin (půdní typy vznikající na vápencích a hadcích) v Českém krasu — viz obr. na str. 174 (Kubíková, Rusek 1976).

V krasu nebyl v xerické sukcesní řadě ani v její počáteční fázi zjištěn surový humus. Dekompoziční (rozkladné) a půdotvorné procesy v otevřeném, sukcesně nejméně rozvinutém rostlinném společenstvu s kostřavou sivou (*Festuca pallens*) tam probíhaly činností chvostoskoků a roztočů pancířníků, kteří produkují charakteristické exkrementy formující mikroartropodový moder. Toto sukcesní stadium by se dalo srovnat se stadiem 15–20leté haldy s pronikajícími trsy trav do otevřeného společenstva mechů a lišejníků, kde ale vývoj humusu zdaleka nedospěl do stadia mikroartropodového moderu. V uzavřených travinných společenstvech xerothermních rendzin Českého krasu, představujících následný sukcesní stupeň, přistupují k uvedeným skupinám drobných členovců mnohonožky (*Diplopoda*), roupice a žížaly. Mnohonožky zde konzumují exkrementy chvostoskoků, což se dá dobře rozpoznat na jejich charakteristické mikrostruktuře. Stárnutím se opět rozpadají na jednotlivé původní struktury, tj. drobné exkrementy chvostoskoků, které znovu osidluje původní mikroflóra a stávají se atraktivní potravou pro mikrofaunu, zejména mnohonožky. Exkrementy mnohonožek jsou rovněž dominantní mikrostrukturou moderové formy humusu v teplomilné doubravě i v horních vrstvách půdy travinných společenstev s mulovitým moderem, v němž při výstavbě spodních humusových vrstev hrají důležitou úlohu endogeické (žijící v horních vrstvách půdy) a anektické (hlubinné) druhy žížal. Mnohonožky, suchozemští stejnonožci (*Oniscidea*) a velké larvy dvoukřídlých (zejména zástupci tiplic — *Tipulidae* a muchnic — *Bibionidae*), jakož i endogeické a anektické druhy žížal na haldách chemické továrny vůbec do 84 let trvající sukcese nevstoupily! To vysvětluje mnohem jednodušší a méně rozrůzněnou mikrostrukturu a hůře vyvinuté formy humusu na haldách chemické továrny, tak jak je vytvářela málo rozrůzněná půdní fauna. Diverzifikované spektrum pancířníků z čel. *Phthiracaridae* specializovaných na rozklad listového a dřevního opadu (a jiných těžce rozložitelných pletiv) nebylo přítomné ani v 84letém sukcesním stupni.

Potrava mnoha půdních živočichů (surový humus) na haldách byla více toxická ve

spodních částech profilu, a proto probíhaly aktivnější rozkladné procesy a tvorba mikrostruktury blíže povrchu. Rovněž zde scházela vertikální translokace (aktivní přemísťování ze spodních horizontů blíže k povrchu nebo dokonce na povrch) haldového substrátu a jeho mísení s mikrostrukturami blízko u půdního povrchu, protože zde scházely endogeické a anektické druhy žížal. To ovlivnilo vertikální členění humusového horizontu. Méně vyvinuté formy humusu byly ve spodní části profilu a ty nejvyvinutější blíže u povrchu. Mulová (mělová) forma humusu na chemicky aktivních substrátech studovaných hald nikdy nevznikne, protože zde schází jílové minerály.

Během 84leté primární sukcese se však na haldách bývalé chemické továrny vytvořil téměř 10 cm hluboký humusový horizont. Sukcese vegetace vedla ke stadiu blízkému klimaxu lipové doubravy a podrost i půdní fauna se vyvinuly do druhově bohatých společenstev, a to bez jakýchkoli lidských zásahů. Z toho plyne závěr, který formulují jako otázku: Nebylo by vhodné a ekonomické na různých haldách či povrchových odkryvech po těžbě nechat proběhnout sukcesí bez lidských zásahů a drahé rekultivace? Příroda by se tak sama vrátila k původním ekosystémům vlastním konkrétní krajině! Byl by to i významný příspěvek k ochraně biodiverzity, protože umělémi rekultivačními zásahy jsou postiženy přirozené sukcesní procesy v krajině.

V tomto článku jsem se záměrně nevěnoval dalším specifickým ekosystémům na studovaných haldách. Na prudkých svazích nebo odtržených stěnách navršených haldových substrátů vznikají osypy humusu smíchaného s haldovým substrátem s ekosystémy ne nepodobnými suťovým lesům, nebo na vislých stěnách substrátu ztvrdlého do útvaru podobného skále se vytvořily xerothermní ekosystémy s porostem mechů, lišejníků a trav. V nich žijí zcela jiná společenstva půdní fauny, přizpůsobená neustálému sesouvání substrátu, ale i velkým klimatickým výkyvům, odlišným od lesních sukcesních stadií. Tato nevyzrálá stadia jsou důležitým zdrojem biodiverzity půdních organismů uplatňujících se v rané sukcesí, protože mají celou řadu fyziologických adaptací k překonávání dlouhých nebo kratších období s extrémními klimatickými podmínkami. Xerická sukcesní řada, k níž patří i studované haldy, vývojem spěje k mezickým lesním ekosystémům s více vyrovnanými vlhkostními a teplotními podmínkami. Kolísání abiotických a biotických faktorů je intenzivnější v mladých ekosystémech a méně významné v ekosystémech vyzrálých. Druhy žijící v mladých ekosystémech mají obvyklejší kratší životní cyklus a často mají i možnost upadnout do neaktivního stavu (anabióza, cyklomorfoza, ekomorfoza apod.), což jim umožňuje přežívání nepříznivých období. Zmíněná stanoviště jsou zdrojem půdních organismů důležitých pro průběh sukcese a její raná stadia. Tak tomu není jen na haldách, ale i na skalních substrátech v horách (viz obr.) či skalních výchozech a jiných erodovaných substrátech (břehy, náplavy, naváté písky aj.) v nížinách a pahorkatinách.

*Výzkum byl podpořen grantem A6066201 Grantové agentury AV ČR a projektem Biodiverzita a funkce ekologických systémů (No. KSK 6005114) AV ČR.*