

Život na hraně – půdní hydrobionti vědí, jak na to

Polární tundra je mimořádně proměnlivé prostředí. Během roku se půda a životní podmínky v ní mění a postupně se vystřídá několik extrémů. Po většinu roku je půda zmrzlá, avšak na krátkou vegetační dobu částečně rozmrzá. S tím souvisí i tání sněhu a ledu, a tak bývá na jaře půda přesycená vodou, ale postupně během léta vysychá a tundra se mění až v polární poušť. S klimatickými změnami postupuje i trvalé odlednění a my můžeme sledovat vývoj půdy přímo. A protože nic není černobílé, jednotlivé fáze najdeme těsně vedle sebe, nebo se prolínají a vytvářejí pestrou mozaiku životních biotopů. Velmi proměnlivé prostředí vyžaduje i velkou plasticitu v životních strategiích přítomných organismů. Jednu z dokonale přizpůsobených skupin tvoří půdní hydrobionti – organismy vázané na vodu obsaženou v půdních pórech. Dokáží se i během několika minut přizpůsobit nepříznivým podmínkám, což jim poskytuje velkou konkurenční výhodu.

Vývoj po ústupu ledovce

Pojďme se podívat na souostroví Svalbard v Severním ledovém oceánu, kde probíhá dlouhodobý výzkum polárních ekosystémů českými botaniky i zoology (Živa 2012, 4: 188–189). Ačkoliv velkou část polární pevniny na Svalbardu pokrývá led, již více než 10 tisíc let zde existují i území bez ledu. Rozsah zalednění se během tohoto času měnil a oblasti, situované převážně na pobřeží, se od konce malé doby ledové (tedy déle než 150 let) neustále rozšiřují. Vlivem současného oteplování ještě získalo tání ledovců na rychlosti. Na těchto starých i nových odledněných plochách můžeme úspěšně studovat vývoj půdy, který jde ruku v ruce s vývojem společenstev půdních organismů (sukcesí) v závislosti na odlednění (viz také Živa 2007, 1–4).

Už nejmladší, několik let odledněné plochy obývá půdní mikroflóra – řasy, sinice a bakterie. Pozadu nezůstávají ani další organismy – konzumenti mikroflóry – jako první vířníci (*Rotifera*) nebo hlístice (*Nematoda*). Již několik let po odlednění se začínají objevovat i některé druhy cévnatých rostlin, např. lomikámen vstřicnolistý (*Saxifraga oppositifolia*). Plochy staré přes 100 let už jsou hojněji osídleny. Především na nich ale najdeme charakteristická společenstva půdních krust, založená na síti houbových hyf, mechových rhizoidů, na řasách a sinicích, a v pozdějších stadiích i společně s kořeny cévnatých rostlin. Tato síť pokrývá a zpevňuje povrch půdy ve vrstvě silné i několik centimetrů. Půdní krusty se podílejí na zadržení občasně vláhy, chrání povrch před větrnou erozí

a přispívají k zadržení organického uhlíku v půdě. Žijí zde již druhově bohatá společenstva vířníků a hlístic, přidávají se želvušky (*Tardigrada*) a první roztoči (*Acarí*).

Tisícileté lokality nebyly zasaženy zaledněním malé doby ledové a jejich společenstva jsou typická dalším rozvojem vyšší vegetace, ale dosud významným zastoupením mechů, lišejníků a půdních krust. Zvyšuje se obsah organického uhlíku v půdě a význam půdního sorpčního komplexu. Rostou zde cévnaté rostliny a keříčkovité lišejníky. Společenstva vířníků, hlístic a želvušek tu dosahují maximálního rozvoje, významně se uplatňují půdní roztoči a objevují se chvostoskoci (*Collembola*) a první roupice (*Enchytraeiidae*). Nejstarší plochy se nacházejí na terasách vyzdvížených z moře na konci poslední doby ledové před 10–12 tisíci let a typicky je pokrývá zapeřená vyšší vegetace v klimaxovém stadiu. Charakterizují je porosty vrby polární (*Salix polaris*), vřesovcovité rostliny *Cassiope tetragona* a dryádky osmiplátečné (*Dryas octopetala*). Půda je silně prokořeněna a hromadí se tu mrtvá organická hmota, která se velmi pomalu rozkládá. Z půdní fauny zde nejčastěji žijí společenstva roztočů, chvostoskoků a roupic. Společenstva hlístic a vířníků se proměňují ve prospěch K-strategů, tedy konkurenceschopných organismů adaptovaných na stabilnější podmínky prostředí.

Kryotelmy

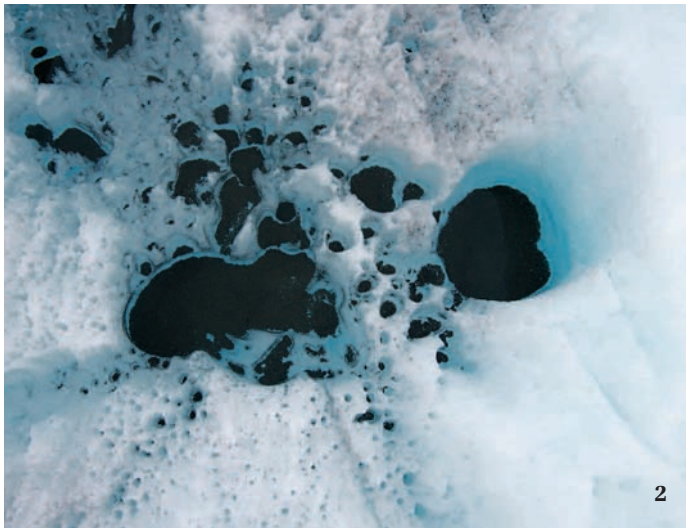
Velmi specifické polární společenstvo je typické přímo pro povrch ledovce, kde se hromadí větrem transportovaný sediment a jemný prach. Takový ledovec absorbuje více slunečního záření než okolní čistý led a nerovnoměrným táním vznikají různé velké vodní nádrže s objemem mililitrů až desítek litrů. Nazývají se kryotelmy (viz obr. 2) a hostí svérázné mikrobiální společenstvo i společenstvo vodních živočichů. Na Svalbardu bývá nejčastějším obyvatel kryotelem vířník rodu *Macrotrachela*, typický konzument jemných rozptýlených částic ve vodě, především bakterií a řas. Naproti tomu jiný specialista, želvuška rodu *Hypsibius*, konzumuje převážně vláknité řasy. Krátkou letní sezonu žijí neustále v teplotě těsně nad bodem mrazu. Vše pak závisí na mořských ptácích, kteří přinášejí na ledovec živiny hlavně v podobě trusu, a samozřejmě na slunci, jež probouzí tento svět na krátký čas do tekutého stavu.

Jak je vidět, půdní hydrobionti jsou běžnými obyvateli téměř všech prostředí. Co jim pomáhá vypořádat se s nepříznivými nebo rychle se měnícími podmínkami?

Pouhým překladem termínu dojdeme k vysvětlení, že jde o organismus žijící ve vodě. V užším smyslu tak nazýváme organismy, převážně mnohobuněčné, které ke svému aktivnímu životu nutně potřebují přítomnost tekuté vody v prostředí. V půdě (resp. ve vodě zadržované v různých půdních pórech a prostorách) jsou to nejčastěji hlístice, vířníci, želvušky a roupice. Méně časté skupiny představují ploštěnky (*Turbellaria*), břichobrvky (*Gastrotricha*) nebo korýši plazivky (*Harpacticoida*).

1 V létě je krajina na Svalbardu místy zásobována vodou z tajících sněžníků.





2



3



4



5

Anhydrobióza

Organismus trpící nedostatkem (v našem případě vody) má v zásadě dvě možnosti. Není-li možné odolat, musí se přesunout v čase anebo v prostoru. V prostoru se přesouvá většina velkých zvířat, ale když jste příliš malí, nezůstává, než cestovat v čase. Toho lze docílit třeba tvorbou trvalých stadií nebo trvalých vajíček, která ovšem mají jednu podstatnou nevýhodu. Jejich tvorba je značně energeticky náročná, vyžaduje velké investice do rozmnožování a delší čas na přípravu – např. vyhledání sexuálního partnera.

Některé organismy, jež často čelí nepříznivým podmínkám, si proto vyvinuly jiný způsob přežívání – anhydrobiózu. Tato dehydratace těla spojená se zastavením metabolismu umožňuje na mnoho nepříznivých podnětů reagovat obratem. Přejít do anhydrobiotického stadia jim trvá 10 až 20 min. a probuzení jen o něco déle. Přecházet mohou i opakovaně v kterékoli fázi svého životního cyklu do vyčerpání energetických zásob, což poskytuje úžasnou možnost kolonizace prostředí, zvláště těch extrémních.

Zatímco typické půdní skupiny organismů, jako chvostokoci nebo roztoči pancířníci (*Oribatida*), se v arktických podmínkách vyskytují na samé hranici svých fyziologických možností, hydrobionty omezuje hlavně dostatek potravy a přítomnost vody. Anhydrobióza jim umožňuje přežít i podmínky daleko tvrdší, než jaké mohou

v Arktidě nebo kdekoli jinde na Zemi reálně nastat. V tomto stadiu odolávají velmi nízkým i vysokým teplotám, radiaci a především suchu. Anhydrobiotická stadia obsahují méně než 4 % vody, příslušné druhy však mají mechanismy, jak zabránit denaturaci bílkovin i DNA. A zároveň, pokud k poškození přece dojde, disponují dostatečně účinnými metodami, jak ho napravit. To potvrzují i pokusy s přežíváním anhydrobiotických jedinců vířníků a želvušek po expozici v meziplanetárním prostoru.

Partenogeneze

Další adaptací podstatně zjednodušující život nejen půdním hydrobiontům je partenogeneze. Jde o nepohlavní rozmnožování, kdy potomek (dcera) má veškerou genetickou informaci od jednoho rodiče, a nedochází tedy ke genetické rekombinaci. Ačkoli klasické pohlavní rozmnožování nalezneme u řady půdních hydrobiontů, partenogeneze se u nich vyskytuje tím častěji, čím náročnějším podmínkám musí čelit. Tento způsob rozmnožování, v některých případech jediný pro celé taxonomické skupiny – např. pro bdelloidní vířníky (např. Živa 2015, 2: XXI–XXII), je u hydrobiontů v polárních oblastech velice rozšířený.

Těmi, kdo si podmanili Arktidu i Antarktidu, jsou hydrobionti – vířníci, želvušky a hlístice. Přežijí i v nejnehostinnějším prostředí, a proto si zaslouží naši pozornost.

2 Sediment na povrchu ledovců vytváří velmi specifické prostředí – kryotelmy – oživené bohatým mikrobiálním společenstvem, ale i želvuškami a vířníky.

3 Jarní arktická tundra nasáklá vodou

4 Ustupující čelo ledovce za sebou nechává téměř čistě minerální substrát, na němž se půda vyvíjí od samého počátku.

5 Staré ledovcové morény pokrývá mozaika půdních krust a odolné arktické vegetace, zde s vrbou polární (*Salix polaris*) a všivcem *Pedicularis hirsuta*.

6 Na místě arktických mokřadů se tvoří kopečková tundra. Na jaře je plná vody z tajícího sněhu, koncem sezony někdy i zcela vysychá.

7 Vyvažované půdy (blíže viz obr. 10) v sezonních mokřadech

8 Půdní vířníci v tundře nejčastěji náležejí k výhradně partenogeneticky se rozmnožující třídě *Bdelloidea*. Na obr. vířící jedinec druhu *Ceratotrocha cornigera*, typický pro půdní prostředí

9 *Philodina plena* – půdní vířník charakteristický pro sezonní mokřady

10 Typickým půdním útvarem Arktidy jsou vyvažované půdy. Na hranici trvale zmrzlé půdy v hloubce několika desítek centimetrů se nachází ledová čočka, která způsobuje pohyb jemných částic vzhůru. V těchto místech je půda stále v pohybu, a proto bez vegetace.

11 V plochých ledovcových údolích řeky vytvářejí časté vnitřní delty. Snímky M. Devettera

