

Antarktické vegetační oázy

3. Mechorosty

Vysoká odolnost lišejníků k drsným antarktickým podmínkám obvykle nikoho příliš nepřekvapuje – jejich tuhá a neobyčejně pomalu rostoucí houbové stélky, často pevně srostlé s povrchem skal, jsou přímo symbolem nezdolné pasivní rezistence. Mechorosty jsou ale ze zcela jiného „těsta“ – jsou to již opravdové, i když velmi drobné rostliny, a navíc jejich drobné lodyžky a jemné lístky nejsou chráněny žádnými pevnějšími krycími pletivy. Na první pohled tedy vypadají velmi zranitelně, přesto však v drsných podmínkách Antarktidy nejen přežívají, ale mají dokonce nejvyšší rychlost produkce biomasy ze všech terrestrických organismů. Ovšem jen na vhodných místech a ve vhodnou dobu.

Druhová diverzita a rozšíření

Mechorosty sice patří mezi nejnápadnější antarktické autotrofní organismy, přesto však jejich taxonomickému, ekologickému i fyziologickému studiu byla dosud věnována mnohem menší pozornost než lišejníkům. Souhrnné floristické dílo *Illustrated Moss Flora of Antarctica* (R. Ochyra a R. I. Lewis Smith) dosud čeká na vydání, a tak máme k dispozici pouze vyčerpávající přehled antarktických játrovek (*The Liverwort Flora of Antarctica*, H. Bednarek-Ochyra, J. Váňa, R. Ochyra a R. I. Lewis Smith 2000) a monografii věnovanou flóře mechů ostrova Krále Jiřího (*The Moss Flora of King George Island*, R. Ochyra 1998). Autoři uvedených knih udávají pro Antarktidu celkem 104 druhů mechů (*Bryophyta*) ve 48 rodech a 27 druhů játrovek (*Marchantiophyta*) v 19 rodech. Žádná z játrovek není endemická, u mechů známe jen pět endemických druhů. Obdobně jako u lišejníků převažují i mezi mechorosty druhy s bipolárním rozšířením.

Rozšíření mechorostů v rámci Antarktidy je omezeno převážně na klimaticky nej-

příhodnější pobřežní oblasti, z nichž absolutně nejbohatší (plošnou rozlohou porostů i počtem druhů) je západní strana Antarktického poloostrova a přilehlé ostrovy. I tam však více než dvě třetiny druhů nevytvářejí sporofyty a množí se pouze vegetativně. Pro mechorosty je periodické ovlhčování vodou v tekutém stavu nutnou podmínkou existence, a tak není divu, že je na extrémně chladných a suchých místech hlouběji ve vnitrozemí či ve vyšších polohách pobřežních hor téměř nenajdeme. Přispívá k tomu i jejich poměrně malá odolnost vůči mechanickému působení větru a sněhu (ve srovnání s lišejníky) na exponovaných místech.

Z paleobotanických výzkumů je zřejmé, že v Antarktidě rostla ještě v třetihorách velmi bohatá společenstva mechorostů, ovšem tato původní flóra byla pravděpodobně zcela zdecimována katastrofálním zaledněním na konci třetihor a v pleistocénu. Přežití některého z původních druhů mechorostů na izolovaných skalách by bylo obtížnější než v případě lišejníků. Novodobá kolonizace odledněných míst mu-

sela proto nejčastěji začít ze spor a z drobných úlomků vegetativních orgánů zanášených větrnými proudy z jiných kontinentů. Z izotopově datovaných zbytků fosilních mechorostů rašelin lze odhadnout počátek této kolonizace na dobu zhruba před 8 tisíci lety.

Vazba na prostředí

Velmi různorodé antarktické mechorosty je možné rozdělit do dílčích skupin podle celé řady hledisek, jako je např. taxonomická příbuznost, růstové formy, ekologické vazby či rozdílné fyziologické reakce, což ale není v jednom krátkém článku možné. Pro naše další úvahy proto považují za užitečné alespoň stručně upozornit na skupiny druhů s výrazně odlišnými nároky na zásobení vodou, neboť voda má pro mechorosty prvotradou důležitost.

Výrazně vlhkomilné (hydrické) druhy vyžadují k optimálnímu růstu v letním období substrát trvale podmáčený – najdeme je tedy v rozbahněných terénních depresích a na březích jezírek či potůčků z tajících sněhových polí (obr. 1). Dobře snášejí i dlouhodobé pokrytí sněhem v zimním období. K nejhojnějším patří *Warnstorfia laculosa*, *W. sarmentosa*, *Sanionia georgico-uncinata*, *Brachythecium austrosalebrosum* a *Drepanocladus polygamus*. Tyto druhy vytvářejí nízké husté koberce obvykle nasáté vodou jako houba.

Na opačné straně ekologického spektra jsou druhy xerické, které rostou většinou na skalních stěnách a balvanech, kde se krátkodobé ovlhčení střídá s delší periodou sucha. Mohou vytvářet vypouklé kompaktní polštářky, jako např. *Andreaea depressinervis*, *A. gainii*, *Grimmia reflexidens*, *Dicranoweisia grimmiaea*, či volnější trsy (endemické *Schistidium antarctici* a *S. halinae*, dále např. *Brachythecium glaciale*,

- 1 Trvale podmáčené terénní deprese v morénách ustupujících ledovců velmi rychle kolonizují společenstva hydrických mechů – srpnatky *Warnstorfia laculosa* a *W. sarmentosa* a baňatka *Brachythecium austrosalebrosum*, ostrov Krále Jiřího
- 2 Příkré skalní stěny mohou v jižní (stinné) expozici hostit poměrně vlhkomilné druhy mechů – srpnatka háčkovitá (*Sanionia uncinata*), ostrov Skua



Bryum pallescens, *Hennediella antarctica*, *H. heimii*, *Ceratodon purpureus*).

Mezi oběma krajními skupinami je celá plejáda druhů označovaných jako meziké, které však často mají velmi širokou ekologickou amplitudu. K nim patří i dva mimořádně pozoruhodné druhy, a sice *Polytrichum strictum* (= *P. alpestre*) a *Chorisodontium aciphyllum*, které mohou na mírně skloněných a zvlhčovaných svazích vytvářet rozsáhlé porosty s mocnou vrstvou nerozložené organické hmoty.

Uvedené příklady se týkaly pouze nejhojnějších druhů mechů, nezahrnovaly tedy játrovky. Ty jsou vždy velmi vlhkomilné, poměrně vzácné a nikdy nevytvářejí rozsáhlé porosty či společenstva – většinou jsou začleněny do společenstev s dominancí mechů. Také jejich rozšíření v Antarktidě je omezeno jen na klimaticky nejprůzračnější oblast západního pobřeží, pouze jediný druh, *Cephaloziella varians*, se vyskytuje disjunktně i na opačné straně kontinentu.

Hospodaření s vodou

I když velká část mechorostů roste na stanovištích označovaných jako trvale podmáčené, v antarktických podmínkách je to nutno brát s rezervou. Jednak k podmáčení vodou z tajícího sněhu dochází jen ve velmi krátkém (zhruba tříměsíčním) letním období, ale i v tomto létě přicházejí časté zvraty počasí, kdy po několik dní vytrvale mrzne. Mechorosty jsou na všech stanovištích ohroženy ztrátou vody, ať už výparem či sublimací (vymražením), a schopnost snášet velkou ztrátu vody je tedy nutnou podmínkou jejich přežití. Vnitřní mechanismy, na kterých je odolnost k vyschnutí antarktických mechorostů založena, jsou velmi podobné jako u lišejníků. Patří k nim vnitrobuněčné prostředí s trvale vysokou koncentrací organických sloučenin schopných udržovat buněčné membrány a enzymy ve funkčním stavu i po značné ztrátě vody z hydratačních obalů (v první řadě sacharóza, ale i jiné cukry, polyoly a aminokyseliny), dále vysoký obsah antioxidantů a specifických stresových proteinů (dehydriny, rehydriny). Značná pružnost stěn buněk mechorostů přispívá k minimalizaci mechanického poškození při velkých objemových změnách v průběhu vysychání.

Obnovení všech fyziologických procesů po ovlhčení vyschlých částí mechorostů je obecně pomalejší než u lišejníků a pohybuje se od několika hodin po několik dnů. Mezidruhové rozdíly jsou značné – jak lze očekávat, nejrychleji regenerují druhy ze suchých stanovišť (xerické), nejpomaleji pak druhy hydrické. Dalším faktorem je doba strávená ve vyschlém stavu – po několika dnech je regenerace rychlá, ovšem několikaměsíční sucho už může být spojeno s vážným poškozením. V zimním období pod sněhovou pokrývkou vyschnutí obvykle nedosahuje kritických hodnot.

Ke schopnosti mechorostů přežít v prostředí s omezeným a velmi nepravdělným zásobením vodou přispívají nejen biochemické systémy spojené s buněčnou tolerancí vyschnutí, ale i některé morfologické zvláštnosti umožňující udržet značné množství zásobní vody i delší dobu po náhodném ovlhčení. Na rozdíl od lišejníků mají mechorosty podstatně kom-

plikovanější stavbu. Typická mechová rostlinka je po celé své délce obalena velkým množstvím drobných lístků. Plně fotosynteticky aktivní sice bývají jen nejmladší z nich, avšak i ty ostatní mohou zadržovat ve svých úzlabích značné množství vody, která povrchovým vzlínáním ovlhčuje aktivní povrchovou vrstvu. Příjem vody a živin se u mechů děje převážně foliárně (celým povrchem lístků). Nahloučení mechových rostlinek do hustých trsů přispívá ke zvýšení akumulární kapacity i k omezení ztrát výparem. Množství zadržené vody v mechovém trsu může být až 20× větší než jeho suchá hmotnost. Díky zásobám vody se podstatně prodlužuje doba plné fotosyntetické aktivity (opět ve srovnání s lišejníky), a tím i zvyšuje produkce biomasy.

Odolnost k nízkým teplotám

Mrazuvzdornost antarktických mechorostů byla dosud zkoumána jen u poměrně malého počtu druhů, nicméně víme, že v suchém stavu jsou schopny dlouhodobě bez poškození snášet extrémně nízké teploty (např. několik měsíců při -60 °C). V ovlhčeném stavu tolerovaly zkoumané druhy snížení teplot až na -25 °C. Mají tedy menší odolnost než lišejníky, ovšem vzhledem k tomu, že na svých stanovištích bývají v zimě pokryty izolující vrstvou sněhu, poškození mrazem není významné. Biochemické mechanismy odolnosti mechorostů k mrazu jsou téměř totožné se zmíněnými mechanismy podmiňujícími odolnost k vyschnutí a jsou trvale přítomné (nevyžadují indukci nízkou teplotou či suchem).

Mechorosty bývají v antarktických podmínkách vystaveny velmi častému střídání nočních mrazů a vyšších teplot (nad nulou) v průběhu dne, které nemusí být bez problémů. Střídání teplot sice nemá fatální následky, ale vede k úniku jistého množství látek (zvláště cukrů) z buněk do okolního prostředí, neboť buněčné membrány se při náhlých teplotních změnách stávají na jistou dobu neregulovaně propustné. Konečným důsledkem ztráty asimilátů je pak zpomalení růstu.

Optimální teploty pro čistý fotosyntetický příjem CO₂ se značně liší jak u různých druhů, tak i v závislosti na převažujících mikroklimatických podmínkách, za kterých rostou. Nejčastěji se pohybují v rozmezí od 5 do 20 °C za plného slunečního záření, s poklesem ozářenosti klesají. Uvedené hodnoty se vcelku dobře shodují s maximálními teplotami, které můžeme naměřit v trsech mechů za jasných letních dnů. Podobně jako u lišejníků může fotosyntéza i u mechorostů probíhat i za teplot pod nulou, ale jen asi do -5 °C.

Produkční a růstové procesy

Pokud chceme hodnotit rychlost produkčních procesů u mechorostů (obvykle jako rychlost příjmu a výdeje CO₂), můžeme k měření použít jen zelené, fotosynteticky aktivní apikální části, nebo celé (tedy i nezelené, ale živé) mechové rostlinky, anebo konečně celé trsy i s odumřelými staršími částmi. Který přístup použijeme, záleží na účelu měření – zda nám jde jen o stanovení fyziologických charakteristik na úrovni orgánů, či spíše o ekologickou

3 Rozsáhlá mechoviště na ostrově Galindez v přímořské Antarktidě tvoří prakticky jen dva druhy – ploník tuhý (*Polytrichum strictum*) a *Chorisodontium aciphyllum*. Mocnost vrstev živé + mrtvé organické hmoty je průměrně 60 cm, stáří nejstarších spodních částí je asi 800 let (datováno ¹⁴C)

4 Periodicky ovlhčované šterkové terasy nejdříve kolonizují nízké rychle rostoucí kobercové druhy mechů, které však později mohou být přerůstány vyššími trsnatými druhy. Na obrázku vidíme, jak *Polytrichum strictum* začíná vytvářet kopečkovité útvary uprostřed kobercového porostu *Sanionia georgico-uncinata* (ostrov Galindez)

5 Vnitřní struktura trsu dlouhovětého druhu ploníku *Polytrichum strictum*. Délka mechových rostlinek viditelných na snímku je asi 20 cm

6 Napadení mechových porostů patogenními houbami je dosti časté zejména v dlouhodobě vlhkém prostředí (pod sněhem). Na snímku vidíme postupně se šířící nekrotickou skvrnu v porostu *Sanionia uncinata* po napadení houbou *Thyronectria antarctica*

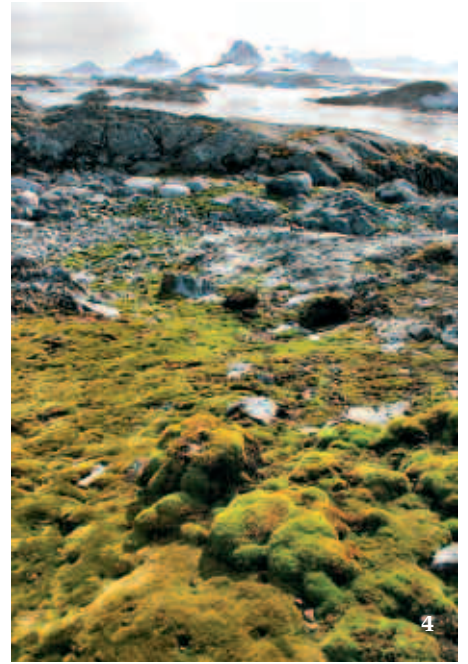
7 Velmi staré trsy vysokého druhu mechu *Polytrichum strictum* často trpí nedostatkem vody, postupně odumírají a porůstají lišejníky (*Cladonia* spp., *Ochrolechia frigida*)

8 Svěže zelený trs mechu klanozoubku (*Schistidium* sp.) v interakci s tmavým sinicovým lišejníkem *Leptogium puberulum*, jehož nahloučené stélky jsou schopny akumulovat výjimečně velké množství vody, srovnatelné s mechy (ostrov Jamese Rosse)

aplikaci (např. odhad rychlosti tvorby a rozkladu biomasy). V maximálních hodnotách fotosyntetického příjmu CO₂ nejsou velké mezidruhové rozdíly a pohybují se obvykle v rozmezí 0,5–3 mg CO₂ na gram sušiny zelených částí za hodinu, což jsou hodnoty podobné jako u neaktivnějších druhů lišejníků.

Přesto v hodnotách produkce biomasy a tím i v rychlosti růstu jsou rozdíly obrovské – velmi totiž záleží na relativním zastoupení fotosynteticky aktivních částí v celkové biomase rostlinek srovnávaných druhů, a také na celkové době, po kterou jsou v průběhu roku srovnávané rostliny v plně aktivním stavu, tedy především dostatečně ovlhčené a teplé. Z těchto hledisek jsou na tom nejhůř rostliny xerických druhů na exponovaných stanovištích, u kterých bývá fotosynteticky aktivní jen několik nejvrchnějších lístků a roční přírůstky biomasy jsou někdy téměř neměřitelné. Naopak u některých hydrických druhů (např. *Sanionia* spp.) mohou roční délkové přírůstky rostlinek činit 10 až 30 mm a vyprodukovaná biomasa i více než 500 g sušiny na 1 m² porostu za rok. Je ovšem potřeba dodat, že u hydrických druhů dochází současně i k poměrně rychlému odumírání a rozkladu starších částí rostlin, takže celková zásoba biomasy a tloušťka mechové vrstvy zůstávají i po mnoha letech téměř stejné.

Celá řada mezikových druhů na vlhkostně příznivých stanovištích může také dosahovat vysokých hodnot roční produkce





9 Mechy rostoucí na skalních hřebenech vystavených plnému oslunění, větru a dlouhodobému suchu lze v Antarktídě nalézt velmi vzácně (děrkavka *Grimmia reflexidens*, ostrov Jamese Rosse). Kromě vysokých nároků na fyziologickou odolnost je pro mechy velmi obtížné dosáhnout dostatečně pevného uchycení mladých rostlinek i starších trsů

10 I uprostřed antarktického léta jsou porosty mechorestů vystaveny nočním mrazům a pokrývají se jinovatkou (*Chorisodontium aciphyllum*, ostrov Galindez)

11 Plodnice stopkovýtrose houby *Galerina antarctica* vázané na mechové porosty (ostrov Jamese Rosse)

12 Jeden z mála endemických mechů, poměrně hojný druh štěrbovka *Andreaea gainii* (tmavě hnědý) přerůstající iniciální porost světlejšího druhu *Sanionia uncinata* (ostrov Galindez). Snímky J. Glosera

biomasy (300–500 g sušiny/m²). Délkové přírůstky přitom nebývají velké (jen 2 až 5 mm), neboť značná část nově vytvářených asimilátů je použita na tvorbu sekundárních metabolitů zvyšujících mechanickou pevnost a odolnost vůči patogenu. Ochranné metabolity nejen prodlužují dobu funkčnosti nově vytvářených struk-

tur, ale i zpomalují jejich rozklad po odumření, což vede k dlouhodobému hromadění živé i odumřelé organické hmoty. Nejlépe to lze pozorovat v mechových porostech s dominancí vysokých druhů *Polytrichum strictum* a *Chorisodontium aciphyllum*, které mikrobiální dekompozicí ztrácejí ročně jen necelé 1 % z celkové hmotnosti, zatímco u hydrických druhů to bývá až 25 %. Uvedené dva druhy mají dominantní úlohu při vytváření i více než 1 m mocných vrstev mechových rašelin v humidní oblasti Antarktického poloostrova a na přilehlých ostrovech. Tvorba těchto rašelin (podmíněná zpomalením humifikace) přitom probíhá za aerobních podmínek, neboť ani v hlubších vrstvách nebývá stagnující voda.

Asociace mechorestů s jinými organismy

Na rozdíl od lišejníků porosty mechů podstatně více modifikují prostředí na svých stanovištích – mnohem lépe zadržují suché i mokré depozice, produkují větší množství snadněji rozložitelné organické hmoty a uvnitř jejich hustých trsů či koberců se udržuje zvýšená teplota a vlhkost vzduchu. To umožňuje (či alespoň usnadňuje) život mnoha jiných organismů. Kromě těž-

ko odhadnutelného množství mikroorganismů (včetně sinic, jednobuněčných řas, prvoků a mikroskopických hub) hostí mechoresty i dosti bohatá společenstva bezobratlých živočichů, jejichž výzkum je také teprve v začátcích. K nejpočetnějším skupinám patří nepochybně drobní členovci (roztoci, chvostoskoci, aj.), poměrně hojně jsou i hlístice (*Nematoda*). V porostech mechů roste také několik druhů stopkovýtrosých hub (např. *Galerina antarctica*, *Omphalina antarctica*) a celá řada lišejníků.

Organismy vázané na mechoresty velmi často ovlivňují hostitele, ať už kladně (např. sinice fixující dusík, dekompozitori uvolňující živiny z mrtvé organické hmoty), tak i záporně (patogenní houby napadající mechové rostlinky). Nezřídka bioticky navozené substrátové změny vedou k sukcesním změnám mechových společenstev (např. hydrické druhy jsou postupně vystřídány mezikými). Výsledkem společných aktivit biotických složek „miniekosystému“ mechového porostu je především přeměna původního čistě minerálního substrátu v organominerální základ půdy. Půdotvorná činnost mechů je důležitá i pro uchycení a rozvoj cévnatých rostlin, o kterých se blíže zmíníme v další části seriálu.