

Životní strategie bakterií ve vysokohorských půdách Himálaje



Změny globálního klimatu a jejich následky jsou v současnosti již známy vědecké i laické veřejnosti. Během posledních 100 let vzrostla v chladných oblastech teplota přibližně o 1 °C a většina scénářů předpovídá, že se tyto změny budou v následujících letech zrychlovat. Teplota a vlhkost prostředí ovlivňují diverzitu organismů a jejich zeměpisné rozšíření. Pokud dojde k oteplení klimatu, budou se organismy stěhovat z nižších nadmořských výšek do vyšších, často do míst po ústupu ledovců. Již byly zaznamenány změny rozšíření rostlin spojené s rostoucí teplotou ve vysokohorských oblastech Evropy, Severní Ameriky a na Novém Zélandu (Řeháková a kol. 2011). Součástí vysokohorských ekosystémů nejsou jen cévnaté rostliny, ale i houby, lišejníky, sinice a řasy, a velmi důležitou složkou jsou také bakterie. Naše znalosti o mikrobiálních společenstvech ve vysokohorských půdách jsou však stále neúplné a zdaleka nestačí, abychom mohli sledovat změny druhového složení v závislosti na změnách klimatu. Proto úkolem středoškolské studentské práce v rámci projektu Otevřená věda II (2010–2011) bylo získat poznatky o kvantitativním a kvalitativním složení mikrobiálního společenstva v půdách Transhimálaje a zároveň sledovat vliv polštářových rostlin na mikrobiální společenstva.

Studovaná oblast se nachází v severozápadní Indii, v Ladaku, ve státech Jammu a Kašmír. Ladak leží ve srážkovém stínu Himálaje, který tvoří bariéru monzunovým deštům, proto je v této oblasti roční úhrn srážek pouze 50–100 mm. Průměrná teplota se v tomto regionu pohybuje okolo 0 °C. Ve vysokohorském prostředí Ladaku jsou organismy vystaveny stresovým podmínkám, jako je krátká vegetační sezona, nízké

teploty, silný vítr, sucho atd., vedoucím u rostlin k vytváření polštářových forem jako životní strategie. Polštářové formy dokáží měnit kvalitu mikroprostředí pod rostlinou samotnou i v jejím blízkém okolí. Z tohoto důvodu se tyto rostliny řadí k tzv. ekosystémovým inženýrům. Polštářová forma růstu snižuje rychlost větru až o 98 % (Hager a Faggi 1990), zvyšuje dostupnost živin z půdy, zmírňuje výkyvy

teplot a udržuje vlhkost půdy (také Živa 2011, 4: 164–168). Tyto změny v důsledku ovlivňují druhovou rozmanitost a složení společenstev půdních organismů (Badano a Cavieres 2006). Ve sledované oblasti roste polštářový druh *Thylacospermum caespitosum* z čeledi hvozdíkovitých (*Caryophyllaceae*), který tvoří v nadmořské výšce 4 500–6 000 m dominantu. Na jeho polštářích byl zaznamenán výskyt 30 dalších druhů rostlin, např. *Waldheimia tridactylites* (hvězdicovitě – *Asteraceae*; obr. 2), vlnice *Oxytropis densa*, zubatka *Sibbaldia tetrandra*, písečnice *Arenaria bryophylla*, kozinec *Astragalus confertus*, mochna *Potentilla bifurca* a pýr *Elymus schrenkianus*. Proto bylo důležité zhodnotit vliv polštářů *T. caespitosum* na diverzitu vysokoalpínských a subniválních společenstev rostlin a také na mikrobiální společenstvo půdy, neboť hraje klíčovou úlohu při tvorbě půdy a kolonizaci substrátu.

Mikrobiální společenstva ve studované části Transhimálaje tvoří, podobně jako ve většině pouštních a polopouštních oblastí světa, často biologické půdní krusty. Ty se skládají z půdních agregátů nerozpustných ve vodě, spolu s bakteriemi, řasami, houbami, lišejníky a mechy. Krusty zpevňují povrch půdy a přispívají k její úrodnosti díky fixaci dusíku, zadržování živin a zvyšování obsahu organické hmoty. Jejich nejdůležitější vlastností je zpevňování povrchu, které zabraňuje půdní a větrné erozi a zpomaluje tak proces dezertifikace. Protože však krusty nejsou přizpůsobeny vysokému tlaku, snadno se naruší nebo i zničí vlivem pasoucího se dobytka, rekreačními a vojenskými aktivitami. Jejich narušením dochází k odnosu živin z prostředí, dochází k poklesu diverzity organismů (Johansen 1993), pevnosti půdy a organické hmoty.

Bakteriální společenstva v alpínském a subniválním pásu Himálaje

Naše práce se uskutečnila na dvou geologicky odlišných lokalitách – v údolí Nubra Valley a v blízkosti jezera Tsomoriri (viz obr. 1 a 3). Geologické podloží Nubra Valley tvoří batolit (převážně žula) a v oblasti jezera Tsomoriri se vyskytuje rula. Kvůli odlišným geografickým podmínkám jsou vegetační pásy v lokalitě Nubra Valley posunuty o 300–400 výškových metrů níže (oblast jezera Tsomoriri leží v nadmořské výšce 5 348–5 833 m). Obě lokality se posuzovaly odděleně s zřetelím k různému složení podloží a rozdílnému výškovému gradientu.

1 Pohled do údolí Nubra Valley v oblasti Ladaku, severozápadní Indie. Foto Z. Chlumská

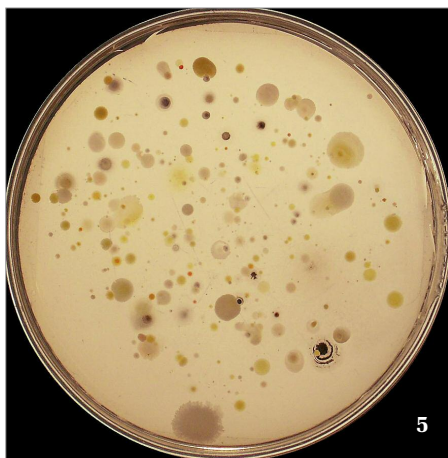
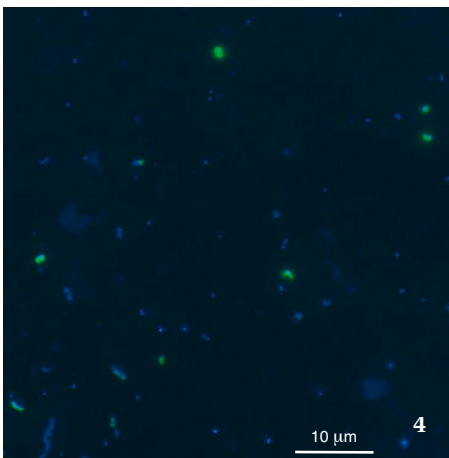
2 Polštář rostliny *Thylacospermum caespitosum* (hvozdíkovitě – *Caryophyllaceae*). Na povrchu druh *Waldheimia tridactylites* (hvězdicovitě – *Asteraceae*). Foto M. Dvorský

3 Jezero Tsomoriri. Ladak. Foto M. Dvorský

4 Půdní bakterie zviditelněné epifluorescenční mikroskopií (modrá barva). Foto L. Kahounová

5 Petriho miska s půdními bakteriemi, aktinomycetami a mikroskopickými houbami. Foto V. Křišťůfek





Vzorky jsme odebírali v srpnu 2009, kdy je vrchol vegetačního období. Na obou lokalitách byla vybrána čtyři odběrová místa vzdálená od sebe 100–200 výškových metrů. Osm z nich efektivně pokrývá vertikální rozšíření *T. caespitosum* v Ladaku. Na každém stanovišti byly odebrány dva vzorky – jeden zpod polštáře a druhý z okolní půdy, kde se vyskytovaly krusty. Ve vzorcích byly zaznamenány celkové počty bakterií pomocí epifluorescenční mikroskopie (obr. 4). Dále jsme stanovili počty kultivovatelných bakterií na agarovém živném médiu (viz obr. 5) a určili procentní zastoupení heterotrofních bakterií a poměr r/K-stratégů. Jako r-stratégové byly označeny bakterie vyznačující se rychlým růstem, tedy ty, které vytvořily viditelné kolonie během 72hodinové kultivace, zatímco u pomalu rostoucích K-stratégů se kolonie tvoří až po 96 hodinách. Mezi r-strategie patří bakterie, jež využívají snadno dostupné zdroje živin, jako jsou jednoduché cukry nebo exudáty rostlin (metabolity vylučované některými rostlinami do půdy), naproti tomu K-stratégové rostou pomaleji, ale umějí lépe zpracovat méně dostupné zdroje živin (Dworkin a kol. 2006).

Z poměru počtu kultivovatelných bakterií k celkovým počtům bakterií jsme stanovili tzv. index sukcesního stavu půdy. Vyšší podíl kultivovatelných bakterií (r-stratégů) pak naznačuje mladší sukcesní stav půdy a naopak.

V rámci projektu Otevřená věda jsme se zabývali zejména vyhodnocením životní strategie heterotrofního bakteriálního spo-

lečenstva. Zjistili jsme, že polštáře *T. caespitosum* neměly vliv na celkové počty bakterií, ale ovlivnily složení jejich společenstva; r-stratégové tvořili průměrně 50–72 % společenstva půdy pod polštářem, zatímco v krustách představovali 32–64 % na obou lokalitách. Také zastoupení kultivovatelných typů bakterií bylo vyšší pod polštářem v porovnání s krustou. Se vzrůstající nadmořskou výškou se počty bakterií pod polštářem výrazně neměnily, pravděpodobně proto, že polštáře vytvářejí stálé mikroklima. Nedochází zde k významným teplotním výkyvům během dne a složení půdy pod rostlinou je také stejné po celé délce studovaného výškového gradientu. Naproti tomu půdy v okolí polštáře jsou vystaveny výkyvům denních teplot i během celého roku, probíhají v nich častěji cykly rozmrzání a zamrzání a výraznější změny vlhkosti. Zastoupení r-stratégů bylo proto vyšší v půdách pod polštářem, kde je i vyšší obsah organické hmoty, přístupného fosforu, rostlinných exudátů, nižší pH, vyšší vlhkost a stabilní teplota. Vyšší podíl K-stratégů jsme pak zaznamenali na lokalitách s četnou a pravidelnou frekvencí nepříznivých podmínek, jako je sucho nebo zamrzání a roztávání během vegetačního období.

Zvýšený výskyt nekultivovatelných bakterií v půdách v okolí polštáře může být vysvětlen pozdějším sukcesním stadiem společenstva, kde tyto bakterie věnují méně energie do růstu a/nebo mají velmi specifické růstové požadavky, které nemožno být splněny na umělých kultivačních

médiích (Garland a kol. 2001), ani v půdě pod polštářem. Nadmořská výška neměla vliv na celkové počty bakterií, zatímco počty kultivovatelných bakterií a procentní zastoupení r-stratégů v půdě se měnilo se zvyšující se nadmořskou výškou.

Výsledky tedy ukázaly, že polštáře *T. caespitosum* a nadmořská výška neovlivňují celkové počty bakterií v půdách Ladaku, ale tyto dva faktory působí na složení společenstva bakterií. Získaná data rozšířila znalosti o bakteriálních společenstvech půd v alpínském a subniválním pásu Himálaje, kde dosud nebyla provedena na toto téma žádná studie. Zároveň poslouží k dalším výzkumům s využitím molekulárních metod. Uvedená práce je součástí širší studie věnované druhu *T. caespitosum* a jeho vlivu na složení půdy, mikrobiálního společenstva (bakterie, sinice, řasy, viřníci, želvušky, hlístice) a na cévnaté rostliny v alpínském a subniválním horském pásu.

Kolektiv spoluautorů: Tereza Pavelcová, Václav Křišťůfek, Klára Řeháková

Výzkum v Ladaku probíhá díky projektu Botanického ústavu AV ČR, v. v. i., Třeboň, GAAV-IAA600050802. Zpracování vzorků bylo finančně podpořeno projekty CNR SPICs 4876, GD206/08/H044, MŠMT ČR LC06066 a GAJU-138/2010/P. Studentská práce se realizovala v rámci projektu Otevřená věda II (1.07/2.3.00/090034, 1.43.) Antibiotická rezistence – antibiotika v životním prostředí, uděleného Ústavu půdní biologie BC AV ČR, v. v. i.

Poznámka školitele studentské práce: Aktinomyce, které studentky z Gymnázia Jírovcova v Českých Budějovicích B. Kuchtové a T. Pavelcová izolovaly z půdních vzorků, použily ke studiu možných rezervoárů antibiotické rezistence. Bakterie z těchto míst dosud nezasažených antibiotiky vykazují vysokou citlivost k testovanému amoxicillinu, na rozdíl od bakterií izolovaných ze sedimentů měst a vesnic v okolí Ladaku, kde se toto antibiotikum běžně užívá.