

Český botanický výzkum v Ladaku

Kdo bude hledat Ladak (Ladakh) na mapě světa, musí svou pozornost zaměřit na divoké velehorské končiny ohraničené Tibetem z východu, Karákóramem ze severu a Himálajem z jihu. Ladak je historické území spadající do současné Indické republiky. Tato oblast s živou buddhistickou kulturou a tradicí se v moderní době začala cizincům otevírat až od 70. let 20. stol.

Z klimatického hlediska je klíčové, že se území Ladaku nachází severně od hlavního hřebene Velkého Himálaje, který tvoří účinnou bariéru pro letní monzunovou oblačnost přicházející z jihu. Takže zatímco na jižních svazích nejvyššího horstva světa nalezneme místa s největšími srážkovými ročními úhrny na světě (více než 10 000 mm), oblasti ležící relativně nedaleko v jeho srážkovém stínu jsou již výrazně aridní. Ve východním Ladaku tak naměříme méně než 100 mm srážek, které spadnou převážně v letních měsících ve formě deště či sněhu. Jelikož se naprostá většina území Ladaku nachází nad 3 000 m n. m., je nadmořská výška druhým zásadním faktorem ovlivňujícím zdejší život. Relativně vysoké letní teploty v nižších polohách způsobují, že odpar přesahuje množství srážek. Většinu území proto pokrývají polopouště a chladné stepi.

Údolí největších ladackých řek (Indus, Šajok, Nubra, Tsarap, Zanskar nebo Suru) jsou poměrně hustě osídlená a lidé zde využívají k zemědělství doslova všechna vhodná místa. Přesto představuje souhrnné množství obdělávané půdy méně než 0,3 % celkové rozlohy a rozsáhlá horská území jsou navíc zcela nehostinná. Kvůli

nedostatku srážek byli lidé nuceni vybudovat důmyslný systém zavlažovacích kanálů, který přes léto umožňuje využívat vodu z ledovců. Na ledovcích je místní civilizace naprosto závislá, což ve světle probíhajících klimatických změn spojených s odtáváním dodává budoucnosti výhrůžný otazník.

Nejdůležitější plodinou je zde ječmen a pěstuje se až do výšek okolo 4 700 m, ovšem jen velmi málo trvalých lidských sídel nalezneme nad 4 500 m. Na políčkách dále můžeme spatřit hrách, oves nebo zeleninu, v nejnižších polohách se daří meruňkám. Obživu kočovným nomádům poskytují stáda ovcí, koz a jaků, která se přes léto pasou na zapojených alpínských trávnících až do nadmořské výšky 5 600 m. Zvyšování počtu domácích zvířat v posledních desetiletích bohužel znamená pro horské pastviny trvalé nadměrné vypásání a postupnou degradaci.

K historii průzkumů

Právě nepřístupnost a drsné klimatické podmínky jsou důvodem, proč ještě poměrně nedávno byla tato místa Evropanům jenom málo známá. S cílem prozkoumat bílá místa na mapách Transhimálaje (hor-

ské pásmo v tibetském vnitrozemí probíhající paralelně s Himálajem) se od 19. stol. vydávaly expedice dobrodruhů, které kromě náčrtků hor, řek a jezer přinášely první zprávy o místní přírodě. Unikátní flóru vysokohorských pouští Ladaku tak svým barvitým líčením přibližovali zbytku světa William Moorcroft a George Trebeck (1841), Victor Jacquemont (1841–44), Thomas Thomson (1852) nebo Herman a Robert Schlagintweitové (1861–66). Velkou zásluhu na zjištění poměrů indické části Himálaje a Karákóramu měl také moravský rodák Ferdinand Stolička (viz Živa 2006, 3: 137–140 a 4: 185–189). Paleontolog, geolog a přírodovědec světového významu, který pracoval pro Indický geologický ústav (Geological Survey of India), podnikl do této oblasti celkem tři velké expedice. Z té poslední v r. 1874 se však nevrátil, zemřel na následky vysokohorské nemoci a je pochován v hlavním městě Ladaku – Lehu.

Po vzniku nezávislé Indie r. 1947 přineslo minulé století regionu politickou nestabilitu kvůli konfliktům s Pákistánem a Čínou a celá oblast byla pro cizince uzavřena až do r. 1974. Teprve poté se zde rozběhl moderní botanický průzkum, v oblasti vegetačních studií ztělesněný především Švýcarem Hansem Hartmannem.

Český výzkum

Aktivity českých vědců v této části Transhimálaje započaly expedicí tehdejší Československé akademie věd v r. 1989. Leoš Klimeš z Botanického ústavu AV ČR v Třeboni se rozhodl pro systematický výzkum této dosud málo probádané oblasti a pravidelně navštěvoval Ladak od r. 1997 (viz také Živa 2010, 1: 22–24). Zaměřil se na důkladné mapování výskytu cévnatých rostlin a v návaznosti na něj připravoval moderní Květenu Ladaku. Pro vědu objevil řadu nových druhů, které byly později řádně popsány ve spolupráci se specialisty – tařící Klimešovu (*Alyssum klimesii*), brukvovitou *Aphragmus ladakiana*, chudinu *Draba alshehbazii*, křivatec *Gagea leosii*, ptačince *Stellaria pseudoalsina* a *S. schistosa*, pampelišky *Taraxacum can-*





1 Rostlina *Thylacospermum caespitosum* z čeledi hvozdíkovitých (*Caryophyllaceae*) v polohách okolo 5 900 m n. m. tvoří pouze ploché polštáře.

2 Suché svahy okolo jezera Tso Moriri až do výšek okolo 5 200 m n. m. obsazují chladné stepi. Na obr. hojný druh trávy ječmenice *Leymus secalinus*

3 K stepním druhům Ladaku patří rovněž chrpovník *Saussurea glandulifera*. V pozadí náhorní plató Malého Tibetu

4 Náhorní plató v nadmořské výšce 5 700–5 900 m mezi vrcholy šestitísícovek Chamser Kangri a Chalung

5 Stabilizovaná suť dobře zásobená vodou hostí bohatou flóru, zde zhruba 15 druhů na 1 m². Mentok, Malý Tibet

didatum a *T. virgineum*. Díky němu existuje rovněž herbář ladacké flóry o více než 7 600 položkách, který je uložen v Botanickém ústavu v Třeboni, a rozsáhlá databáze rozšíření rostlinných taxonů. Práce L. Klimeše zůstala bohužel nedokončena, ze své poslední výpravy se již nevrátil (Živa 2010, 1: VI–VIII).

Od r. 2008 převzali výzkumné aktivity v této oblasti mladí pracovníci z Botanického ústavu AV ČR, v. v. i., v Třeboni ve spolupráci se studenty z Přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. V r. 2012 budou již pátou sezónu sbírat data na dvou místech – v údolí Nubra Valley ve Východním Karákoramu a v okolí jezera Tso Moriri v Malém Tibetu.

Vědecké zaměření týmu našich vědců zahrnuje mnoho témat a přístupů. Jelikož s výjimkou hlavních města neexistují pro Ladak základní klimatické údaje (tím méně pro pustiny daleko v horách), začali jsme na několika lokalitách celoroční monitorování půdní a vzdušné teploty a vlhkosti pomocí automatických čidel. Dalším významným krokem bylo založení trvalých ploch, aby se mohly zaznamenávat vegetační změny v nejvyšší zóně výskytu cévnatých rostlin. Téma rostlinných migrací a klimatických změn v extrémních polohách hor je v alpinské ekologii velice aktuální a díky českým vědcům brzy přibude nejvyšší položený monitorovací bod na světě v rámci projektu GLORIA (Global



Observation Research Initiative in Alpine Environments – mezinárodní projekt zahájený a koordinovaný odborníky z vídeňské univerzity s více než stovkou aktivních míst po světě; jeho hlavním cílem je sledování vegetačních změn v alpínském stupni). Na základě fytoocenologického snímování jsme rozdělili a popsalí hlavní vegetační typy a zóny východního Ladaku (viz dále). Pečlivé studium rostlin v terénu i herbářích vyústilo v publikaci klasifikace klonálních růstových forem celé místní flóry a umožnilo testovat nároky jednotlivých forem v určitých typech prostředí.

Zajímavý příspěvek přinesli čeští vědci také v oblasti ekologických hypotéz o rostlinných interakcích. Polštářovitý druh *Thylacospermum caespitosum* (hvozdíkovité – *Caryophyllaceae*, obr. 1) použili k testování tzv. stress-gradient hypotézy. Ta zjednodušeně říká, že zatímco v mírných podmínkách převažuje mezi rostlinami konkurence, v drsném prostředí nabývají na významu pozitivní vztahy – facilitace. Pro rostliny pak může být výhodnější růst pospolu, čímž se vzájemně chrání např. před vysušujícím větrem, nebo zmírňují výkyvy teplot. Polštářovité

druhy jsou dobrým modelovým organismem a byly podrobeny řadě studií (viz Živa 2011, 6: 264–265). Většina z nich prokázala, že jedinci jiných druhů rostlin přednostně rostou na těchto polštářích, a to tím více, čím více je okolní prostředí stresující. Práce našich vědců nicméně poskytly důkaz, že na samém konci gradientu stresu (v Ladaku jde o sucho a kombinaci podmínek souvisejících s extrémní nadmořskou výškou) se již pozitivní vztahy neuplatňují. Rostliny dobře adaptované na drsné abiotické podmínky polštáře nevyhledávají a rostou hojněji na volném substrátu.

Hledání faktorů limitujících výskyt cévnatých rostlin v extrémních polohách vyžaduje zároveň manipulativní přístup. Jeden z tradičních, byť v daných nadmořských výškách nevídaný pokus zde uskutečnili i čeští botanici (obr. 6). Přesadili vybrané druhy rostlin z nižších poloh do vyšších a ještě vyšších, nad současnou hranici jejich rozšíření, a zkoumali přežívání a okolní mikroklimatické podmínky. První experiment, založený L. Klimešem v r. 2001, potvrdil hypotézu, že vymezení výskytu je dáno především klimaticky –

rostliny nad svou současnou hranicí nepřežily. V experimentu druhém, který byl založen v r. 2009 a stále pokračuje, ovšem rostliny překvapivě přežily již druhou sezonu. Vyhodnocení pokusu jistě přidá zajímavý argument do debaty o klimatických změnách a jejich vlivu na vegetaci.

Po celou dobu náš tým také sbírá a doplňuje údaje do databáze vlastností všech místních druhů. Spolu s laboratorními analýzami rostlinných pletiv to umožní testovat řadu hypotéz o rozšíření v závislosti na prostředí. Vlastnosti jednotlivých druhů, např. investice do orgánových struktur, poměr hmotnosti podzemní a nadzemní biomasy anebo specifická listová plocha (tedy poměr plochy a hmotnosti listu) nám napoví mnoho o adaptacích vysokohorských rostlin na nepříznivé podmínky. Kupř. formy investující do růstu podzemních orgánů se často vyskytují na suchých stanovištích a dlouhé kořeny využívají k tomu, aby se dostaly k vodě. Druhy s objemnými podzemními orgány v nich mívají velké zásoby živin důležitých pro přežití nepříznivých období, nebo pro regeneraci. Specifická listová plocha poskytuje informaci, jak je rostlina schopna využívat zdroje – např. souvisí s úrovní fotosyntetické aktivity listu. Rostliny nejnižších poloh, polopouští a stepí, a také nejvyšších poloh, na hranici sněžné čáry, mají často vysoký obsah živin (dusík, fosfor) v listech a podzemních orgánech, pokud je srovnáme s lučnými druhy temperátní zóny. V suchých nejnižších a také v chladných nejvyšších polohách, kde se voda stává nedostupnou díky mrazu, rostliny pravděpodobně nemohou normálně růst a živiny tak nejsou „ředěny“ uhlíkem z fotosyntézy. Naopak ve středních polohách, kde je vody relativně více a teploty blízké optimu, k tomuto procesu zřejmě nedochází a koncentrace živin dosahují běžných úrovní. Obsah izotopu ¹³C v pletivech napoví o dostupnosti vody – rostliny trpící vodním stresem při fotosyntéze využívají daleko více tohoto těžkého izotopu. V optimálních podmínkách je izotop ¹²C upřednostňován před ¹³C, pokud ale rostliny strádají nedostatkem vody, zavřou průduchy a těžký izotop se zabuduje do pletiv ve větší míře. Další díly do skládanek doplňuje studium nestrukturálních sacharidů (např. škrob, fruktany nebo sacharóza). Ty mají zejména zásobní funkci, ale stále častěji se uvažuje i o jejich roli v odolnosti proti mrazu a suchu. Např. druhy rodu *Cremanthodium* (hvězdicovitě – *Asteraceae*) dosahují vysoké koncentrace těchto sacharidů v podzemních orgánech a mohou díky tomu růst v natolik kontrastních habitatech, jako jsou výhřevné sutě a v noci vymrzající ostrůvky vegetace uprostřed vodotečí.

Kromě cévnatých rostlin se v Ladaku studuje i půda a její fyzikálně-chemické složení. Spolu s rostlinami využívají půdu k životu mikrobiální společenstva tvořená bakteriemi, mikroskopickými houbami a sinicemi. Naši spolupracovníci podrobněji zkoumali sinice na čtyřech typech stanovišť – polopouště, alpské trávníky, suťoviště a subnivální zóna. Zjistili, že vláknité sinice řádu *Oscillatoriales*, převážně rody *Phormidium* a *Microcoleus*, najdeme hlavně v půdách alpských tráv-



6 Kontrolní místo přesazovacího pokusu ve výšce 5 800 m n. m. Celkem 11 druhů cévnatých rostlin bylo postupně přesazeno na místa ve vyšších polohách, a to až nad hranici jejich současného rozšíření. Snímky M. Dvorského

níků, které jim poskytnou dostatečné množství organické hmoty a živin k růstu. Zástupci z řádů *Nostocales* a *Chroococcales* jsou zato lépe přizpůsobeni nepříznivým podmínkám subnivální zóny a sutě. Na povrchu půdy, kde sinice rostou, dochází na obou stanovištích k častému narušování mrazovými procesy nebo bahnotoky. V současnosti probíhají studie druhové rozmanitosti sinic na různých starých uloženinách morén v okolí ledovců v Nubra Valley a u jezera Tso Moriri. Druhá rozmanitost se zjišťuje molekulárními metodami i tradiční světelnou mikroskopií.

Vegetace – základní typy a zonace

Vegetační aspekt Ladaku nejvíce ovlivňuje nízké srážky a nadmořská výška. Místní klima neumožňuje rozvoj lesů a jednoznačně zde dominuje vegetace bylinná, případně keříčková. Původní druhy dřevin stromového charakteru jsou omezeny jen na přibřežní zóny vodních toků (vrby *Salix* spp., tamarýškovitá *Tamaricaria elegans*), vzácně také na teplejší a vlhčí svahy (jalovec *Juniperus semiglobosa*, bříza *Betula utilis* na západní hranici území). Bohatěji jsou zastoupena společenstva křovin – na suchých svazích můžeme nalézt rozsáhlé porosty čimšníku *Caragana versicolor*, na šterčových říčních náplavech vyšších toků v nižších polohách dominuje rakytník *Hippophaë rhamnoides* subsp. *turkestanica* s jedlými plody.

Nejnižší položená místa podél Indu jsou zároveň nejsušší a rozkládají se zde pouště a polopouště s druhy jako vřatič *Tanacetum fruticosum*, bělotrn *Echinops cornigerus*, čistec *Stachys tibetica*, bytel *Bassia dasyphylla* nebo šanta *Nepeta floccosa*. Nejběžnějším a velmi rozšířeným vegetačním typem jsou ovšem chladné alpské stepi s hojnými zástupci rodů kavyl (např. *Stipa caucasica*, *S. subsessiliflora*), pelyněk (*Artemisia minor*, *A. santolinifolia*, *A. salsoloides*) nebo vlnice (*Oxytropis tatarica*, *O. microphylla*).

Mokřady, zejména ty zasolené nebo brakické, zaujímají také poměrně velké oblasti v bezodtokých jezernatých pánvích a na dnech širokých údolí a hostí

bohaté spektrum druhů. Místa s akumulací sněhu v polohách okolo sněžné čáry obsazují druhy sněhových výležísek, typicky třeba brukvovitá *Pegaeophyton scapiflorum* nebo lomikámen *Saxifraga nanel-la*. Synantropní vegetace zahrnuje jednak společenstva vyvinutá na místech eutrofizovaných domácím zvěřatím (merlík *Chenopodium karoi*, bříšť *Axyris prostrata* nebo *Microgynoecium tibeticum* z čeledi laskavcovitých – *Amaranthaceae*), jednak společenstva plevelů na políčkách.

S přibývajícím srážkami ve vyšších polohách se objevují zapojené alpské trávníky, které bývají nejlépe vyvinuté podél vodních toků. Na těchto stanovištích dominují výběžkaté druhy jednoděložných rostlin jako tuříčka *Kobresia pygmaea* nebo ostřice *Carex sagaensis*; tato společenstva jsou typická pro celý západní Tibet. Druhá bohatost trávníků patří v Ladaku k nejvyšším. Větší počet druhů můžeme pozorovat rovněž ve vegetaci sutě a kamenných polí, zvláště v těch stabilizovaných a lépe zásobených vodou. Častými zástupci jsou třeba rozchodnice *Rhodiola tibetica*, mázdřinec *Pleurospermum stellatum* nebo šanta *N. longibracteata*.

Velmi řídká subnivální vegetace se začíná objevovat ve výškách nad 5 200 m na západě a nad 5 700 m na východě. Cévnaté rostliny se pak pravidelně vyskytují do výšek okolo 5 900 m. Ve východním Ladaku v oblasti Malého Tibetu však díky pozvolnému terénu a omezenému zalednění existují příhodné podmínky pro rostliny ještě mnohem výše. Vegetace tvořená asi 9 druhy sahá až k 6 000 m n. m., byt je silně rozptýlená a má zanedbatelný pokryv. Většina zde rostoucích druhů patří k tibetskému florolelementu, např. tařice Klimešova (druh objevený L. Klimešem a popsáný na jeho počest), písečnice *Arenaria bryophylla*, ptáčnice *S. decumbens*, chrpovník *Saussurea gnaphalodes*, hvězdicovitá *Waldheimia tridactylites*, některé ke středoasijskému – chudina *D. altaica*, lipnice *Poa attenuata*, chrpovník *S. glacialis*. Mnohé z těchto druhů v minulosti držely světový výškový rekord a chrpovníku *S. gnaphalodes* zůstal dodnes. Byl nalezen ve výšce 6 400 m v nepálské části Mt. Everestu, žádná jiná cévnatá rostlina dosud výše nerostla. Příčina je zřejmá – polohy nad 6 000 m n. m. jsou pro cévnaté rostliny z mnoha důvodů limitní a nad touto hranicí se vyskytují jen izolované na místech s mimořádně vhodným mikroklimatickými podmínkami. Nezanedbatelné také je, že se běžní smrtelníci v těchto výškách vyskytují rovněž zřídka a horolezci se většinou nesoustředí na vyhledávání titěných rostlin ukrytých mezi kameňy. Český vědecký tým je v tomto směru unikátní, nález hned tří rostlinných druhů ve výšce 6 150 m n. m. hovoří za mnohé. A vzpomínka, kdy výprava v r. 2011 ve Východním Karákóramu předbíhala francouzskou expedici a jejich nosiče s lany, mačkami a cepíny, zatížena batohy s tepločnými čidly, notebookem, pomůckami na odběr půdních vzorků, rámy na vegetační snímky a herbáři, dodává badání lehce šileňý nádech. Bude rekord překonán?

Kolektiv spoluautorů: Zuzana Chlumská, Klára Řeháková, Jiří Doležal