

20 let Biologického centra AV ČR

a 40 let eko-biologického výzkumu v Českých Budějovicích

Biologické centrum AV ČR je se svými pěti výzkumnými ústavu a více než osmi sty zaměstnanci jednou z největších vědeckých institucí ekologicky zaměřeného výzkumu v Evropě. Rozvíjí trendy evoluční biologie a ekologie, které reagují na problémy globálního významu a udržitelnosti života na Zemi. Sídli v Českých Budějovicích a v letošním roce si připomíná 20 let od svého založení.

Historie jednotlivých pracovišť Biologického centra AV ČR se však začala odvíjet mnohem dříve. Počátky výzkumných ústavů Biologického centra, k nimž dnes patří Entomologický ústav, Hydrobiologický ústav, Parazitologický ústav, Ústav molekulární biologie rostlin a Ústav půdní biologie a biogeochemie, sahají až do poloviny 20. století. Do Českých Budějovic se začaly přesídlivat v osmdesátých letech.

V polovině sedmdesátých let padlo v tehdejším Československu politické rozhodnutí přesunout část vědeckých pracovišť mimo Prahu. Pro České Budějovice hrála řada praktických důvodů. V jižních Čechách už tehdy fungovala řada sezónních výzkumných stanic a specializovaných pracovišť, region měl silné zázemí v zemědělství i potravinářství, a především nabízel mimořádně vhodnou krajinu pro ekologický a biologický výzkum – od rybníčních systémů přes mokřady až po zemědělsky využívanou krajinu.

Tím pravým důvodem komunistické vlády bývalého Československa na sklonku sedmdesátých let minulého století však byla decentralizace akademického prostředí a snaha oslabit koncentraci intelektuální komunity, zejména vědeckého a vysokoškolského mládí, v hlavním městě. „V nejvyšších patrech komunistické moci se tak zrodil koncept regionálních vědeckých center. Postupně měla být vymístěna z Prahy do regionů řada vědeckých pracovišť Československé akademie věd. První volba padla na České Budějovice. Koncept regionálních center měl ale i racionální důvod: zájem vybudovat nové výzkumné infrastruktury schopné konkurovat podobným centrům na Západě. Poslední

komunistický předseda Akademie věd a mezinárodně respektovaný virolog Josef Říman se zhlédl v takových moderních centrech převážně na univerzitách ve Skandinávii a v západní Evropě,“ vzpomíná ředitel Biologického centra AV ČR Libor Grubhoffer.

Projektování Jihočeského biologického centra Československé akademie věd začalo v roce 1976. O čtyři roky později, v roce 1980, byl položen základní kámen areálu v Českých Budějovicích na Branišovské ulici.

Stěhování vědy

a generace mladých vědeckých pracovníků

V následujících letech se do Českých Budějovic začaly postupně přesouvat eko-biologické ústavy Akademie věd. Do regionu přicházeli především mladí vědci a aspiranti z Prahy i Brna, pro které nové pracoviště znamenalo nejen odbornou příležitost, ale často i zásadní životní změnu, včetně zajištěného bydlení v rozvíjejícím se městě.

Vědecké týmy se v novém prostředí rychle etablovaly a přirozeně navázaly spolupráci s tehdejší Agronomickou fakultou v Českých Budějovicích. Kontakty mezi akademickým výzkumem a vysokoškolským prostředím se postupně prohlubovaly a vytvářely základ budoucího univerzitního zázemí pro biologické obory v regionu.

Tato vazba se ukázala jako klíčová zejména po roce 1989. Právě vědci z budějovických

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Biologické centrum AV ČR, v. v. i.
www.bc.cas.cz

- Ředitel: Libor Grubhoffer
- Předseda Rady: Vladimír Košťál
- Entomologický ústav: ředitel Vojtěch Novotný
- Hydrobiologický ústav: ředitel Jiří Peterka
- Parazitologický ústav: ředitel Miroslav Oborník
- Ústav molekulární biologie rostlin: ředitel Michael Wrzaczek
- Ústav půdní biologie a biogeochemie: ředitel Jan Frouz

- Počet zaměstnanců: 819
- Počet výzkumných pracovníků: 533
- Počet zahraničních pracovníků: 236
- Podíl žen a mužů: 53 % a 47 %

ústavů a dvou třeboňských poboček pražských ústavů Akademie věd stáli u zrodu Biologické fakulty Jihočeské univerzity (dnes Přírodovědecké fakulty). Akademickí pracovníci začali aktivně vyučovat, podíleli se na rozvoji profilu univerzity a tvorbě studijních programů a propojili tak výzkum s výukou způsobem, který v tehdejší českém prostředí nebyl samozřejmostí.

Tím se postupně vytvořil model, který je pro České Budějovice charakteristický dodnes: úzké propojení univerzitního prostředí a Akademie věd v rámci jednoho vědeckého kampusu. V rámci společné Školy doktorských studií zajišťují vědci z Biologického centra vědeckou výchovu více než 130 doktorandů Přírodovědecké fakulty.

Proměna v Biologické centrum

Zásadní institucionální změna přišla v roce 2006, kdy se všech pět samostatných budějovických ústavů Akademie věd sloučilo do jednoho celku s názvem Biologické centrum AV ČR, které od 1. 1. 2007 získalo právní subjektivitu jako veřejná výzkumná instituce.

Na začátku šlo přibližně o 320 zaměstnanců. Dnes jich je více než 800, což řadí

Biologické centrum mezi největší pracoviště Akademie věd v České republice. Důležitější než samotný růst je však kontinuita: jednotlivé ústavy si zachovaly svou odbornou identitu, zároveň však sdílejí infrastrukturu, servisní zázemí i strategické směřování.

Dnešní Biologické centrum je rozsáhlým vědeckým organismem, rozprostřeným do dvou areálů v Českých Budějovicích, které dohromady zahrnují deset budov. V nich vedle sebe fungují laboratoře, specializovaná technická pracoviště i administrativní a servisní infrastruktura.

Výzkum BC je z velké části financován z grantových prostředků. Zhruba dvě třetiny rozpočtu pocházejí z českých, evropských i mezinárodních soutěží, což kladě důraz na vysokou míru mezinárodní konkurenceschopnosti i schopnost rychle reagovat na nové vědecké výzvy. Tento model financování se odráží i v rozsahu činnosti – ročně se v Biologickém centru řeší více než 240 výzkumných projektů.

Výsledky této práce jsou patrné i v publikačním výkonu. Každý rok vzniká více než 670 vědeckých publikací, z nichž přes 530 vychází v odborných časopisech s impaktním faktorem. Za těmito čísly stojí široké spektrum témat od evoluční biologie přes parazitologii, entomologii, molekulární biologii rostlin až po ekologii sladkovodních i půdních ekosystémů. Právě tato tematická rozmanitost je jedním z charakteristických rysů Biologického centra. Jednotlivá výzkumná témata se pohybují v různých měřítkách biologické organizace – od molekul a buněk až po celé ekosystémy – a právě jejich souběžná existence vytváří prostředí, kde se mohou přirozeně potkávat různé přístupy k porozumění živé přírodě.

Špičkové výzkumné infrastruktury

Pět ústavů propojuje nejen společný kampus, ale také špičkové výzkumné infrastruktury, které využívají vědecké týmy napříč

obory i externí uživatelé z České republiky a zahraničí.

Jedním z klíčových pracovišť je laboratoř elektronové mikroskopie, která patří mezi přední centra svého oboru v České republice. V rámci výzkumných infrastruktur Czech-Biolmaging a Euro-Biolmaging poskytuje přístup k nejmodernějším metodám zobrazování nejen vědcům z Biologického centra, ale i výzkumným týmům z dalších institucí. Laboratoř se zároveň podílí na vývoji nových metod přípravy biologických vzorků ve spolupráci s výrobcí elektronových mikroskopů, čímž přispívá k dalšímu rozvoji elektronové mikroskopie. Pro mladé vědce z celého světa také pravidelně pořádá praktický kurz elektronové mikroskopie, podporovaný Evropskou molekulárněbiologickou organizací (EMBO).

Hluboko do struktury buněk a tkání umožňuje nahlížet i laboratoř pokročilé světelné mikroskopie, která poskytuje výzkumným týmům kompletní zázemí pro přípravu biologických vzorků, jejich zobrazování i následnou analýzu dat. Moderní světelné, fluorescenční a konfokální mikroskopy umožňují zachytit biologické procesy s vysokým prostorovým i časovým rozlišením. Sledují se zde např. vývoj embryí u modelových organismů, funkce endokrinní soustavy komárů přenášejících závažná onemocnění, stavba hedvábných žláz hmyzu nebo šíření virů v rostlinách.

Na analýzu metabolismu v nejrůznějších biologických systémech se zaměřuje centrální pracoviště hmotnostní spektrometrie. Pomocí moderních metod metabolomiky, lipidomiky a dalších přístupů založených na hmotnostní spektrometrii dokáže sledovat tisíce molekul současně a odhalovat biochemické procesy, které stojí za fungováním buněk, organismů i za jejich reakcemi na měnící se prostředí.

Výsledky této práce se odrážejí i v mezinárodním postavení instituce. Více než dvacet vědců z Biologického centra figuruje

Původní areál v ulici Na Sádkách, kde dnes sídlí dva ústavy Biologického centra.

v žebříčku TOP 2 % nejcitovanějších vědců světa, který každoročně zveřejňuje Elsevier na základě analýzy Stanfordovy univerzity. Odborníci z Biologického centra získávají prestižní česká i zahraniční ocenění, jsou členy elitních vědeckých společností, jako jsou Academia Europaea, Národní akademie věd USA nebo Evropská organizace pro molekulární biologii (EMBO), a pravidelně jsou úspěšní v soutěžích o prestižní evropské granty. Řada jihočeských vědců spolupracuje s renomovanými badateli včetně nositelů Nobelovy ceny, mezi nimiž byl např. virolog Charles W. Rice nebo chemik Sir John E. Walker. Vysokou úroveň instituce potvrzuje také ocenění HR Excellence in Research Award, které Evropská komise uděluje organizacím splňujícím nejvyšší standardy péče o výzkumné pracovníky, transparentního řízení a rozvoje výzkumného prostředí.

Odpověď

na aktuální společenské výzvy

Výsledky a expertízy Biologického centra mají výrazný společenský dopad. Vedle základního výzkumu se vědci aktivně podílejí na řešení aktuálních výzev v oblasti veřejného zdraví, ochrany přírody, zemědělství i vzdělávání. Během pandemie covidu-19 laboratoře Biologického centra okamžitě zapojily své kapacity do PCR diagnostiky vzorků z nemocnic, následně se podílely na vývoji nových diagnostických metod, výzkumu neutralizačních protilátek i preklinickém testování nové generace léčebných protilátek proti viru SARS-CoV-2.

Pracovníci Biologického centra se poslední dekádu také významně podílejí na jednom z nejsledovanějších ekologických počínů v České republice, a to návratu velkých kopytníků do české krajiny. Po vzoru pastevní rezervace v Milovicích, kde se znovu po staletích pasou všechny tři druhy velkých kopytníků Evropy (divocí koně, zubři a zpětně šlechtění praturři), vzniklo v Česku dalších zhruba dvacet lokalit využívajících pro péči o krajinu stejný přírodní blízký koncept. Díky úzké spolupráci se státní správou, samosprávami, zdravotnickými zařízeními, nevládními organizacemi i průmyslovými partnery přispívá Biologické centrum k ochraně přírodních hodnot a biodiverzity, rozvoji udržitelného hospodaření, inovacím i lepší připravenosti společnosti na budoucí výzvy, jakou je např. klimatická změna.

Biologické centrum také každoročně pořádá řadu popularizačních akcí, vzdělávacích programů a projektů občanské vědy. Mezi nimi jsou například projekty na záchranu karase obecného, sledování výskytu klíšťat nebo mapování mravenišť v České republice.

Daniela Procházková



Snímek Petr Znachor



Snímek Vladimír Šustr

Hlavní areál Biologického centra na Branišovské ulici v Českých Budějovicích.

Evoluce biologických hodin

Prakticky každá buňka v našem těle obsahuje mechanismus, který ji pomáhá sladit vlastní činnost s pravidelným střídáním dne a noci. Cirkadiánní hodiny však neřídí jen spánek a bdění. Ovlivňují také imunitní systém, produkci hormonů, metabolismus nebo například sportovní výkonnost.

Na molekulární úrovni jsou základní principy fungování těchto hodin napříč živočišnou říší překvapivě podobné. Cirkadiánní systém je založen na síti genů a proteinů, které se vzájemně regulují a vytvářejí přibližně čtyřicetihodinové oscilace.

Řada z klíčových součástí tohoto systému je evolučně velmi stará. Přesto však příroda nepoužívá jen jedno univerzální řešení. A právě v tomto ohledu je mimořádně zajímavý hmyz. Variabilita v genetické architektuře cirkadiánních hodin mezi různými skupinami hmyzu je překvapivě často větší než rozdíl mezi modelovou octomilkou a člověkem.

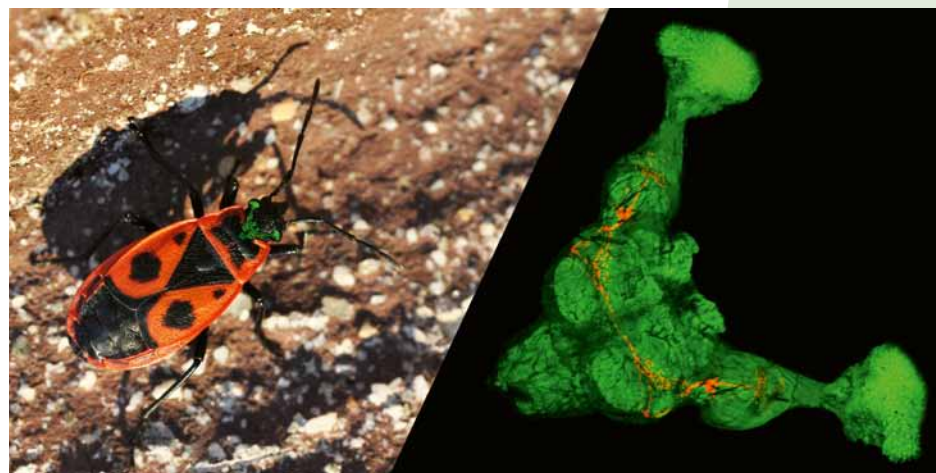
Hmyz tak pro nás představuje jedinečnou evoluční laboratoř. Během více než 400 milionů let evoluce příroda opakovaně u hmyzu experimentovala s tím, jak biologické hodiny optimalizovat nebo přizpůsobit specifickým životním podmínkám. V některých případech zřejmě byly původně cirkadiánní mechanismy dokonce „přeprogramovány“ pro měření času na

jiných škálách – například pro synchronizaci s přílivovými cykly, lunárními rytmy nebo sezónními změnami prostředí. Studium těchto rozmanitých řešení u nemodelových druhů hmyzu nám umožňuje sledovat, jak evoluce přetváří a doladuje složité biologické systémy a jak nachází nové funkce pro molekulární mechanismy, které původně vznikly k měření střídání dne a noci.

Díky výzkumu ruměnice pospolné (*Pyrrhocoris apterus*) se například podařilo odhalit neobvyklou úlohu genu *timeless* a objasnit některé klíčové kroky ve změnách cirkadiánního systému hmyzu [1]. U téhož druhu byl pomocí metody RNA interference identifikován protein Taiman jako nová složka cirkadiánních hodin. Ukázalo se, že protein dosud známý především svou rolí ve vývojových a hormonálních drahách může být zároveň důležitou součástí molekulárního mechanismu měřícího čas [2]. Nejde ale jen o biologické hodiny. Náš výzkum pomáhá pochopit, jak obecně probíhá evoluce víceproteinových interakcí a jak vznikají biologické inovace.

David Doležel

- [1] Kotwica-Rolinska J. et al., Molecular Biology and Evolution, 2022, DOI: 10.1093/molbev/msab346.
[2] Smykal V. et al., PLoS Genet., 2023, DOI: 10.1371/journal.pgen.1010924.



1. Dospělá ruměnice pospolná (*Pyrrhocoris apterus*) s vyznačenou polohou mozku (zeleně). Vpravo je pomocí konfokální mikroskopie zobrazen připravený mozek, oranžově svítí neurony produkující neuropeptid PDF. Ten je důležitý pro komunikaci mezi jednotlivými neurony, které řídí cirkadiánní rytmy.



Snímky Martin Volf

Když rostliny volají o pomoc

Rostliny poskytují potravu obrovskému množství druhů býložravého hmyzu. Během evoluce si proto rostliny vytvořily pestrou škálu obranných mechanismů, které jim pomáhají býložravému hmyzu vzdorovat. Některé druhy se chrání tuhými listy, trny nebo trichomy. Jiné produkují chemické látky, které mohou hmyz odpuzovat, zpomalovat jeho vývoj nebo snižovat jeho šanci na přežití. Některé formy obrany mohou být v rostlině přítomné trvale. Mnohé obranné mechanismy se však aktivují až po napadení.

Taková indukovaná obrana umožňuje rostlině reagovat tam, kde je právě potřeba. To může být důležité zejména u velkých stromů. Napadení jedné větve totiž nemusí automaticky vyvolat stejnou silnou reakci v celé koruně. Strom tak může vytvářet mozaiku větví, které se liší svou chemií, tuhostí listů i atraktivitou pro býložravý hmyz, což mu ve výsledku může pomáhat šetřit energií a zacílit obranu tam, kde je potřeba. Tuto představu podpořil experiment provedený v korunách vzrostlých dubů [1]. Po experimentální aktivaci obrany se změnila chemie a tuhost listů především na ošetřených větvích. V následných laboratorních pokusech navíc housenky konzumovaly indukované listy méně než kontrolní listy.

Rostliny se navíc nemusí bránit pouze vlastními chemickými zbraněmi. Mohou také využívat nepřátele býložravého hmyzu, například hmyzožravé ptáky. Rostliny po napadení často uvolňují těkavé organické látky, které se šíří vzduchem. Ukázali jsme, že tyto lokálně

2. Rostliny se býložravému hmyzu brání mimo jiné produkcí těkavých látek, jejichž složení se může lišit v závislosti na druhu hmyzu, který rostlinu napadá. Ve studii [2] jsme se mimo jiné zabývali obranou proti larvám mandelinky topolové (vlevo nahoře), ostnohřbetce křovinné (vpravo nahoře), housenkám štětconoše trnkového (vlevo dole) a housenkám tmavoskvrňáče zhoubného (vpravo dole).

uvolňované pachové signály mohou pomáhat predátorům a parazitoidům nalézt napadenou rostlinu nebo její konkrétní část [1, 5]. Výsledky však také naznačují, že se na lákání predátorů pravděpodobně podílejí i další faktory, například změny vzhledu listů.

Chemické volání o pomoc navíc není vždy stejné. Náš výzkum ukazuje, že složení uvolňovaných látek souvisí s rozsahem poškození i identitou útočníka [2]. To naznačuje, že specifická směs těkavých látek může nést podrobné informace o typu napadení. Navazující terénní výzkum ukázal, že rostliny experimentálně indukované extrakty z housenek a býložravých brouků mohou lákat rozdílné predátory [3]. Zda podle indukovaných signálů dokážou predátoři spolehlivě určit konkrétní druh kořisti, však vyžaduje další výzkum.

Výsledná podoba chemických signálů nejvíce záleží na druhu rostliny, ale některé druhy vrb reagují na stejného býložravce podobně [4]. Určitá podobnost signálů mezi různými druhy rostlin by mohla být výhodná pro jejich příjemce. Přirození nepřátelé býložravého hmyzu nemusí využívat odlišný chemický jazyk pro každý druh rostliny.

Celkové výsledky ukazují, že rostliny nemají jedinou univerzální obrannou strategii. Například koruny stromů tak nejsou chemicky jednotným prostředím. Je to proměnlivá mozaika pachů, chutí a dalších signálů, která se neustále mění podle toho, kdo právě koho napadl.

Martin Volf, Kateřina Sam

- [1] Volf M. et al.: Ecol. Lett., 2022, DOI: 10.1111/ele.13943.
[2] Mezzomo P. et al.: Ecology and Evolution, 2023, DOI: 10.1002/ece3.10123.
[3] Mezzomo P. et al.: Functional Ecology, 2026, DOI: 10.1111/1365-2435.70289.
[4] Mezzomo P. et al.: Phytochemistry, 2024, DOI: 10.1016/j.phytochem.2024.114222.
[5] Mrazova A. et al.: Animal Behaviour, 2025, DOI: 10.1016/j.anbehav.2025.123075.

Hormony jako zbraň proti škůdcům

Endokrinní systém hmyzu si složitostí nezádá s tím lidským. I hmyz má hormony většiny typů od neuropeptidových přes inzulin až po malé molekuly. Jeden hormon je ale pro hmyz unikátní: juvenilní hormon (JH) u obratlovců nenajdeme. Terpenoidní struktura JH byla popsána před šedesáti lety, nalézt jeho receptor však zabralo další čtyři dekády. Podařilo se ho vypátrat právě v Entomologickém ústavu BC [1]. Stejně jako JH je i jeho receptor hmyzí specialitou. Nepatří do žádné rodiny dosud známých hormonálních receptorů, ale do rodiny, v níž najdeme centrální komponenty biologických hodin, protein regulující přísun kyslíku (HIF) nebo receptor nechvalně proslulého jedu dioxinu. Stejně jako receptor dioxinu je i receptor JH aktivován navázáním agonisty, v našem případě JH nebo jiného ligandu s podobnou aktivitou.

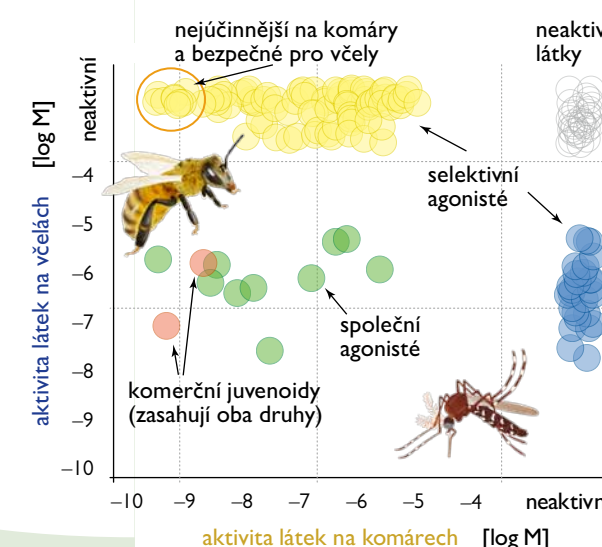
Během přeměny larev v dospělé udržuje JH hmyz v juvenilním stadiu (odtud název hormonu), dokud larvy nedosáhnou optimální velikosti. Zatímco ztráta JH vede k předčasné metamorfóze, umělá aplikace JH v pozdní fázi vývoje naopak metamorfózu zablokuje a hmyz zahubí. Již počátkem sedmdesátých let byly připraveny látky, tzv. juvenoidy, které tento účinek napodobují. Poslední dvě dodnes slouží jako insekticidy. Jejich účinnost však omezuje rezistence cílových druhů (např. komárů nebo štěnic) a nevýhodou je i široký zásah necílových druhů, jako jsou opylovači, vodní hmyz nebo korýši. Na trhu s insekticidy tudíž vhodné juvenoidy citelně chybí.

Objev receptoru JH nám umožnil vybudovat molekulární systém pro automatizovaný screening stovek tisíců sloučenin [2] s cílem nové juvenoidy nalézt. Výsledkem jsou stovky chemicky rozmanitých malých molekul s účinkem JH. Nečekanou vlastností některých z nich je vysoká účinnost na určité druhy hmyzu a úplná neškodnost pro druhy jiné i v tisícinašobných dávkách. Tato bezprecedentní selektivita inspirovala vývoj juvenoidů cílených na škůdce, aniž by – na rozdíl od většiny insekticidů – zabíjely ostatní organismy a přispívaly ke globální ztrátě hmyzí fauny. S myšlenkou ekologicky šetrných juvenoidů jsme založili startup Preagon Biotech (preagon.com), kde např. vyvíjíme velice slibné látky proti komárům, které nevedí včelám (obr. 3) ani daňiím.

Jak je vzájemná selektivita v molekulách receptoru a jeho ligandu zakódována? Odpověď hledáme s pomocí obrovské diverzity hmyzu. Evoluce během 450 milionů let vygenerovala varianty („přirození mutanty“) receptoru JH schopné vázat společný fyziologický hormon, receptory z určitých druhů však navíc vylučně vážou specifické, člověkem vytvořené sloučeniny. Proč tomu tak je, naznačila jedna z našich prací [3], ale k rozluštění záhady bude zapotřebí mnoho úsilí a nových přístupů. Prolovení kódu selektivity by umožnilo kýžené látky navrhovat *ab initio*, nikoli je pracně hledat.

Marek Jindra, David Sedlák

- [1] Charles J. P. et al.: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2011, DOI: 10.1073/pnas.1116123109.
[2] Sedlák D. et al.: J. Mol. Biol., 2025, DOI: 10.1016/j.jmb.2024.168883.
[3] Tumova S. et al.: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2022, DOI: 10.1073/pnas.2215541119.



3. Selektivita nových agonistů receptoru JH komárů a včel. Každý bod představuje jednu sloučeninu. Červené body: dnes užívané juvenoidy se širokým spektrem účinku. Nejslibnější nové látky (v kruhu) dosahují účinnosti komerčních juvenoidů, ale na rozdíl od nich hubí pouze komáry, zatímco včelám neškodí.

Co prozradí voda o budoucnosti jezer?

Voda je jedním z nejcitlivějších ukazatelů změn v životním prostředí. Hydrobiologický ústav Biologického centra AV ČR se dlouhodobě zabývá tím, jak fungují sladkovodní ekosystémy – od kvality a chemického složení vody přes veškeré živé složky, jako jsou bakterie, prvoci, řasy, sinice a zooplankton, až po rybí populace. Stav českých, ale i evropských nádrží a jezer sledujeme dlouhodobě několik dekád. Díky těmto cenným časovým řadám lze doložit, jak lidská činnost i klimatická změna proměňují vodní ekosystémy.

Podle zastoupení stabilních izotopů vodíku a kyslíku lze vypátrat, odkud voda pochází, kudy putovala krajinou nebo jak dlouho se v ní zdržela. Například při dvouletém sledování srážek v jižních Čechách dokázali hydrobiologové díky analýze stabilních izotopů z pár kapek dešťové vody určit, že po většinu roku na naše území putují srážky z oblasti Atlantiku, na jaře se výrazněji uplatňuje vliv arktického vzduchu a v létě přibývá srážek pocházejících ze Středomoří. Izotopový podpis se mění také s nadmořskou výškou, počasím nebo roční dobou, což vědcům umožňuje sledovat další cestu vody krajinou od deště až po jezera a podzemní zdroje [1].

Stejná metoda posloužila i při nedávném rozsáhlém výzkumu 350 jezer napříč osmnácti evropskými zeměmi. Výsledky přinesly predikci, jak budou jezera v následujících dvou dekádách reagovat na extrémní teploty a sucho.

Díky izotopovým stopám lze zjistit, zda je jezero zásobováno především dešťovou vodou, nebo podzemními zdroji, a také jak velkou část vody ztrácí odparem. Dále vědci použili meteorologická data, informace o využití krajiny, o nadmořské výšce, hloubce jezer i charakteru jejich povodí. Pomocí modelů strojového učení pak dokázali určit, které faktory nejvíce ovlivňují vodní bilanci jednotlivých jezer a jak se jejich stav pravděpodobně změní do poloviny století.

Nejodolnější se jeví horská a podhorská jezera, která si díky nižším teplotám, menšímu odparu a lepšímu napojení na podzemní vody udržují stabilnější vodní režim. Naproti tomu mělká jezera a přehradní nádrže závislé především na srážkách ztrácejí vodu odparem rychleji, než ji dokážou doplnit.

„Původně jsme očekávali, že pro všechna jezera budou platit stejné klíčové faktory. Ale ukázalo se, že v každé oblasti funguje jiná dynamika a rozhoduje kombinace různých proměnných,“ říká Cristina Paule-Mercado z Hydrobiologického ústavu BC AV ČR [2].

Model ukázal, že do roku 2050 budou nejohroženější především mělká jezera a přehradní nádrže. Vyšší teploty zvýší odpar a přítok vody nebude stačit ztráty vyrovnávat. Situaci navíc často zhoršuje intenzivní zemědělství v jejich okolí, které přináší živiny podporující přemnožení řas a sinic.

Výsledky studie ukazují, jak důležité je pochopit komplexnost propojení jezer s okolní krajinou a dalšími vlivy. V době klimatické změny a nedostatku vody je třeba při navrhování strategií pro udržitelné hospodaření s vodními zdroji všechny tyto faktory zohlednit.

Daniela Procházková

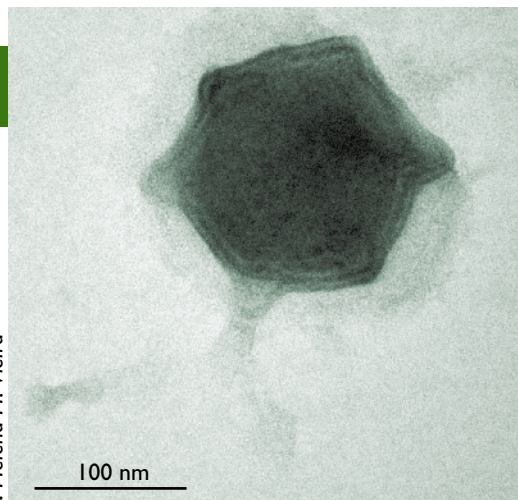
Viry a bakterie jako klíčoví hráči vod

V jediné kapce jezerní vody žijí miliony bakterií a ještě mnohonásobně více virů. Přesto známe pouhý zlomek z nich a o většině víme překvapivě málo. Přitom řídí koloběh živin, ovlivňují kvalitu vody a rozhodují o tom, které organismy budou prosperovat a které

zmizí. Hydrobiologický ústav Biologického centra AV ČR dlouhodobě zkoumá i tento skrytý svět sladkovodních mikrobů.

Naším hydrobiologům se podařilo celosvětově zmapovat jednu z nejpočetnějších skupin sladkovodních bakterií na planetě – rod

Snímek Vojtěch Kasalický a Helena H. Vieira



Budvirus, nově popsáný obří virus z nádrže Římov, má průměr 200 nm.

Fontibacterium, jehož biologie byla dosud téměř neznámá. Tým pod vedením Michaele Salcher ukázal, že vedle kosmopolitně rozšířených populací existují i druhy, které se vyskytují pouze v určitých částech světa. Výsledky významně rozšířily naše poznání o tom, jak se mikrobi přizpůsobují různým typům sladkovodního prostředí [3].

Většina těchto bakterií je malá, roste velmi pomalu a vyžaduje prostředí s minimem živin. V běžných laboratorních podmínkách proto nepřežívají. Českobudějovickým vědcům se během několika let podařilo vyvinout kultivační postup, který napodobuje přirozené podmínky v jezerech. Díky tomu získali více než 600 čistých bakteriálních kultur, včetně desítek dosud neznámých druhů. Otevřeli tak i cestu k využití rodu *Fontibacterium* jako modelového organismu pro výzkum ekologie sladkovodních mikrobů [4].

Ve vodárenské nádrži Římov na Českobudějovicku, kterou jihočeští vědci pravidelně sledují od jejího napuštění už téměř pět dekád, objevili během jediného roku čtyřicet dosud neznámých sladkovodních virů. První podrobně popsaný z nich dostal rodové jméno *Budvirus* podle Českých Budějovic. Jedná se o takzvaný obří virus, jeho kapsida má tvar pravidelného dvacetistěnu o průměru 200 nanometrů. Ukázalo se, že napadá jednobuněčné vodní řasy skryténky (Cryptophyta) a v ekosystému má významnou roli, protože drží na uzdě jarní rozvoj vodního květu řas, a pomáhá tak zachovávat rovnováhu ve vodním prostředí. Genetické analýzy navíc naznačují, že jeho příbuzní se nevyskytují jen v jihočeské přehradě, ale pravděpodobně v jezerech po celém světě [5].

Sladkovodní ekosystémy představují dynamické prostředí. Vzájemné vztahy mezi organismy mají zásadní vliv na schopnost ekosystému reagovat na vnější změny, jako jsou kolísání teploty, změny v chemickém složení vody nebo invaze nových druhů. „Je důležité tyto vztahy důkladně poznat. Když nastanou ve vodě nepředvídané změny, budeme vědět, co se přihodilo,“ vysvětluje Rohit Ghai, vedoucí laboratoře mikrobiální ekologie a evoluce.

Daniela Procházková

Kolik ryb žije v jezeře?

Ryby patří k nejdůležitějším obyvatelům sladkovodních ekosystémů. Ovlivňují množství planktonu, kvalitu vody i koloběh živin. Aby hydrobiologové dokázali porozumět fungování jezer a přehrad, potřebují vědět nejen to, jaké druhy ryb ve vodě žijí, ale také kolik jich je. Odpověď na zdánlivě jednoduchou otázku však není vůbec snadná.

Ve velkých nádržích nelze ryby jednoduše spočítat. Vědci z Hydrobiologického ústavu BC AV ČR proto patnáct let sledovali čtrnáct českých nádrží a porovnávali různé způsoby metody jejich odlovů a vědeckého monitoringu. Díky kombinaci použití tradičních tenatových sítí, záťahových sítí a echolotu vytvořili model, který umožňuje z běžného monitoringu mnohem přesněji odhadnout skutečnou biomasu ryb. Výsledky dnes pomáhají interpretovat údaje z tisíců jezer a nádrží po celé Evropě [6].

Jedním z dlouhodobých témat jihočeských hydrobiologů je chování vrcholových predátorů – především sumců. Pomocí akustické telemetrie sledují pohyb jednotlivých ryb s přesností na několik metrů a zjišťují, jak se chovají. Výzkumy například ukázaly, že sumci dokážou svůj způsob života výrazně přizpůsobit podmínkám prostředí. V jezerech s nedostatkem kořisti se pohybují na větším prostoru, mění dobu lovu a mají pestřejší jídelníček. Rostou ale pomaleji. Naopak v prostředí bohatém na potravu mají menší teritorium, jednodušší chování a rychlejší růst. Díky této flexibilitě maximalizují šanci na přežití v různých podmínkách. Tato schopnost sumců navíc pomáhá jako invazivnímu druhu v těch evropských vodách, ve kterých není původní.

Přesnější odhady početnosti ryb i lepší porozumění jejich chování pomáhají předvídat, jak budou vodní ekosystémy reagovat na změny prostředí, vysazování ryb nebo klimatickou změnu. Jsou tak důležitým podkladem pro ochranu i udržitelné hospodaření v jezerech a nádržích.

Daniela Procházková



Sumci mění svou životní strategii v závislosti na dostupnosti potravy.

Snímek Jiří Peterka

Nádrže pod tlakem klimatických změn

Vodní nádrže nejsou jen zásobárnami vody, ale složitými ekosystémy citlivě reagujícími na počasí, hospodaření v krajině i dlouhodobé oteplování. Hydrobiologové Biologického centra AV ČR proto sledují, jak se v nich mění teplota, potravní vztahy i produkce skleníkových plynů. Analýza denních měření z 35 českých přehrad ukázala, že se jejich povrchová voda v letech 1991–2021 oteplovala v průměru o 0,59 °C za desetiletí [7]. Za celé období tak teplota vzrostla téměř o dva stupně. Oteplování nebylo během roku rovnoměrné: nejrychlejší bylo v dubnu, zatímco v květnu byly změny překvapivě malé. V některých nádržích se zároveň zvyšovalo i kolísání teploty mezi jednotlivými dny.

Dlouhodobé změny lze zpětně vyčíslit také z rybích otolitů a šupin, které uchovávají izotopový záznam prostředí a potravy. Analýza otolitů okounů z Římovské nádrže ukázala, že s rostoucí teplotou a suššími podmínkami se postavení okounů v potravní síti posouvalo výše, pravděpodobně i kvůli dřívějšímu přechodu mladých jedinců k lovu ryb [8]. Čtyřicetiletá řada archivovaných rybích šupin současně zachytila výrazné změny uhlíkového cyklu nádrže spojené s proměnami přísunu fosforu, produkce fytoplanktonu a množství organické hmoty přitékající z povodí. Tyto biologické archivy tak ukazují, jak klimatické změny i lidské hospodaření postupně ovlivňují fungování celého ekosystému [9].

Dalším výzkumným tématem je metan, který patří mezi významné skleníkové plyny. Víceletý výzkum římovské nádrže ukázal, že se nehromadí pouze v hluboké vodě u dna. Vysoké koncentrace se objevovaly také v přítokové části nádrže ve středních hloubkách i u hladiny. Právě zde vznikala místa se zvýšeným potenciálem úniku metanu do atmosféry [10].

Výsledky společně ukazují, že změna klimatu působí na nádrže mnoha různými a vzájemně propojenými způsoby. Oteplování mění fyzikální podmínky, sucho a nepravidelné srážky ovlivňují přísun živin, proměňují se potravní sítě i procesy spojené s uvolňováním skleníkových plynů. Dlouhodobá měření jsou proto zásadní pro pochopení současných změn i předvídání dalšího vývoje.

Daniela Procházková

- [1] Kopáček M. et al.: Atmospheric Environment, 2025, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2025.121101.
- [2] Paule-Mercado M. et al.: Sci. Total Environment, 2025, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2025.180038.
- [3] Fernandes C. et al.: Nat. Microbiol., 2025, DOI: 10.1038/s41564-025-02091-8.
- [4] Salcher M. et al.: Nat. Commun., 2025, DOI: 10.1038/s41467-025-63266-9.
- [5] Henriques Vieira H. et al.: The ISME J., 2024, DOI: 10.1093/ismejo/wrae029.

- [6] Říha M. et al.: Ecological Indicators, 2023, DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.110425.
- [7] Znachor P. et al.: Environmental Science and Ecotechnology, 2025, DOI: 10.1016/j.esse.2025.100631.
- [8] Frouzová J. et al.: J. Environmental Management, 2026, DOI: 10.1016/j.jenvman.2026.128926.
- [9] Vašek M. et al.: Sci. Total Environment, 2023, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.161198.
- [10] Matoušů A. et al.: Water Research, 2026, DOI: 10.1016/j.watres.2026.126204.

Když se parazit naučí číst genetický kód po svém

Jednou z nejpevnějších pouček molekulární biologie je téměř úplná univerzálnost genetického kódu. Stejně principy platí u dřívější většiny organismů od bakterie po člověka. Právě díky této společné řeči života mohou buňky správně číst genetickou informaci a vyrábět podle ní proteiny. Výjimky z pravidla jsou mimořádně vzácné. Jednou z nich je i drobný prvok *Blastocystis hominis* z řádu Trypanosomatida, do nějž se řadí také původci významných lidských onemocnění, jako jsou spavá nemoc, Chagasova choroba nebo leishmanióza. Sám však parazituje pouze u ploště.

Neobvyklý genetický kód blastokritidie byl poprvé popsán v roce 2016. Unikátního prvoka se také podařilo dlouhodobě kultivovat v laboratorních podmínkách, což umožnilo studovat jeho neobvyklé biologické vlastnosti mnohem podrobněji. Díky tomu nyní víme, jak jeho pozměněný genetický kód funguje, a rozumíme molekulárním mechanismům, které umožňují jeho správný překlad.¹

Podobně jako větvy v knize jsou i geny jasně ohraničeny. Konec každého genu je dán jedním ze tří stop kodonů, které buněčnému aparátu říkají, že výroba proteinu skončila. Genetická „interpunkce“ blastokritidie však funguje jinak. Význam všech tří stop kodonů se během evoluce změnil. Buňka je dokáže správně rozpoznat, ale přiřadí jim nový význam. Kodony UAA a UAG čte jako glutamát a kodon UGA jako tryptofan. Pozoruhodné je, že tyto aminokyseliny přiřazuje pouze pro kodony uvnitř genu. Je-li UAA na jeho konci, je naopak rozpoznán jako příkaz k ukončení syntézy proteinu. Každý jiný organismus by takový text četl jako nesmyslnou zvěř předčasně ukončených vět.

Klíčem k neobvyklému způsobu čtení genetické informace jsou dvě molekulární inovace: pozměněná (zkrácená) transferová RNA, která přivádí aminokyseliny na správné místo vznika- jícího proteinu, a upravený terminační faktor I, který je odpovědný za rozpoznávání stop kodonů. Jejich společné působení umožňuje, aby byla trojice bází UGA čtena jako kodon pro aminokyselinu tryptofan místo signálu k ukončení syntézy proteinu (podrobněji viz Vesmír 102, I58, 2023/3).

Ukazuje se, že genetický kód i způsob, jakým jej buňka dekoduje, mohou být proměnlivější, než se dosud předpokládalo. Schopnost buňky změnit význam genetického kódu a přizpůsobit jeho dekodování představuje mimořádně zajímavou inspiraci například pro syntetickou biologii. Ta by v budoucnu mohla otevřít cestu k cíleným úpravám genetického kódu nebo k navrhování organismů se zcela novými vlastnostmi. Ale nejen to. Objev může mít dalekosáhlé důsledky i v medicíně.

Střevní červi jako lék?

Slovo parazit v nás obvykle nevyvolává příjemné představy. Představujeme si něco, co nám škodí, připravuje nás o živiny nebo způsobuje nemoci. Dovedete si ale představit, že by se cizopasníci používali jako lék? Někteří střevní paraziti totiž mohou tlumit zánět v lidském těle.

Ještě před několika desítkami let byli střevní červi² běžnou součástí lidského života. Teprve moderní hygiena, zdravotní péče a změny v životním stylu způsobily, že v průmyslově vyspělých zemích téměř vymizeli. Současně ale začal prudce narůstat výskyt autoimunitních a chronických zánětlivých onemocnění střev. Právě to vedlo k otázce, zda některé druhy parazitů nemohou hrát v regulaci lidské imunity překvapivě důležitou roli.

Na této myšlence stojí výzkum nazývaný helmintoterie – využití vybraných střevních červů k potlačení nadměrných imunitních reakcí. Výsledky helmintoterie jsou ale zatím nekonzistentní – někdy červi zánět tlumí, jindy ne. Důležitou roli hrají zřejmě faktory, které ovlivňují činnost červů ve střevě. Nedávná studie v *Nature Communications* prokázala, že klíčovou roli hraje složení stravy, především množství vlákniny.

Jako model posloužila tasemnice krysí (*Hymenolepis diminuta*; **obr. 2**), která člověku

1. Obálka časopisu Nature.

Speciálně upravená „blastokritidiovská“ tRNA by mohla pročitat nesmyslné mutace v lidských buňkách, a vyléčit tak řadu vážných genetických chorob člověka.

Zdeněk Paris

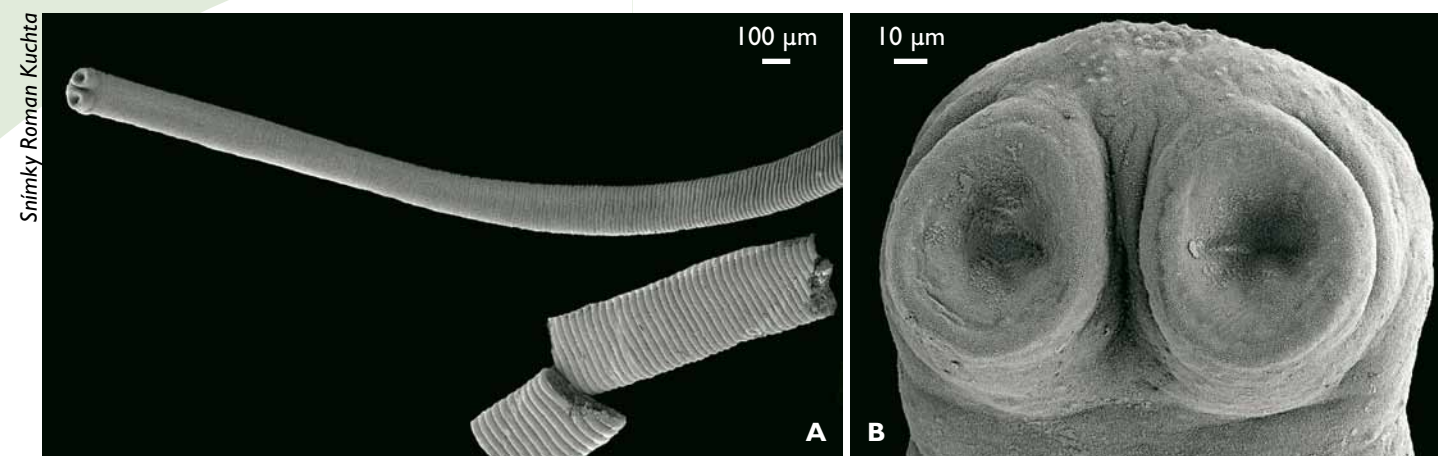
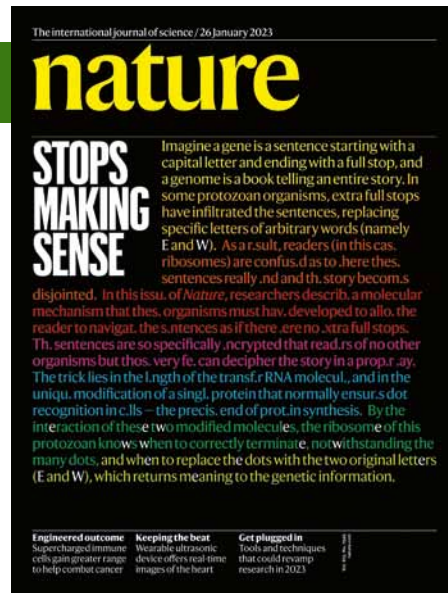
Kachale A. et al.: Nature, 2023,
DOI: 10.1038/s41586-022-05584-2

neškodí, ale naopak dlouhodobě slouží k studiu vztahů mezi parazity, střevním mikrobiomem a imunitním systémem.

„Je-li ve stravě velký podíl strukturální vlákniny, tasemnice je nejen ve výborné kondici, ale je schopna vyvolávat i protizánětlivou reakci v organismu hostitele. Když vláknina chybí, tasemnice přechází do úsporného režimu připomínajícího hibernaci u savců a její protizánětlivý účinek mizí,“ říká Kateřina Jirků z Parazitologického ústavu BC AV ČR. Při dietě chudé na vlákninu zůstávají tasemnice několikanásobně menší, nedosahují pohlavní zralosti a neprodukují vajíčka. Genetické analýzy prokázaly, že se u nich rozsáhle mění aktivita genů spojených s vývojem, metabolismem a reprodukci.

Význam práce přesahuje samotný výzkum střevních červů. Znovu ukazuje, jak zásadní

- 1) Na objevu prvoka i postupném prozkoumání pozmeněného genetického kódu mají lví podíl vědci z Parazitologického ústavu Biologického centra AV ČR a Mikrobiologického ústavu AV ČR. Jejich studie popisující neobvyklý molekulární překladač genů se dostala i na titulní stranu časopisu Nature (viz **obr. 1**).
- 2) Pojem „červi“ nebo také „helminti“ nemá systematickou hodnotu a ustálil se pro parazitické organismy z kmene ploštěnců (Platyhelminthes), hliště (Nematoda) a vrtejšů (Acanthocephala), popřípadě další parazitické skupiny živočichů.



Snímky Roman Kuchta

2. *Tasemnice Hymenolepis diminuta* z *potkana*, snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu.

je složení stravy pro fungování střevního ekosystému. Zdravotnické organizace doporučují dospělým přijímat přibližně 25 až 30 gramů vlákniny denně, skutečná spotřeba v západních zemích je však často ještě nižší. Pro srovnání – u některých tradičních populací se denní příjem vlákniny odhaduje až na 80–120 gramů.

Strava bohatá na vlákninu podporuje „dobré“ bakterie, naopak nedostatek vlákniny ochuzuje střevní mikrobiom, který má podle řady studií vliv nejen na zdraví trávicího traktu, ale i na fungování imunitního systému, mozku i psychiky. Nerovnováha střevních

mikroorganismů je dnes spojována například se zvýšeným rizikem alergií, depresí, úzkostí či neurodegenerativních onemocnění, včetně Alzheimerovy choroby.

Výsledky výzkumu ukazují, že účinek střevních parazitů nelze chápat izolovaně, ale jako součást složitě sítě vztahů mezi hostitelem, jeho mikrobiomem a stravou. Právě pochopení těchto vazeb může otevřít nové možnosti léčby zánětlivých onemocnění.

Daniela Procházková

Jirků M. et al.: Nat. Commun., 2026,
DOI: 10.1038/s41467-026-69475-0

stěny krevních a lymfatických cév. Dosud nebylo jasné, jak přesně tento krok borelie zvládají a jak se dostávají z kůže do oběhu.

Detailní pohled na pohyb bakterií poskytl vysokorozlišovací 3D elektronová mikroskopie, která dokáže zvětšit objekt až milionkrát. Vznikla série asi tisíce snímků, která umožnila sestavit 3D model interakce bakterie s tkání. „Původně se předpokládalo, že se borelie svým tvarem podobným vývrtec doslova probourávají skrz tkáňové bariéry, jako když se vrtá do zdi. Ve skutečnosti ale postupují jinak. Nepohybují se kolmo skrz struktury, ale přichytí se podélně k cévní stěně a teprve potom se postupně vtlačují dovnitř,“ vysvětluje Martin Strnad z Parazitologického ústavu Biologického centra AV ČR.

Zajímavé je i to, že borelie aktivně volí místa vstupu. U krevních kapilár se zaměřují na oblasti s pericyty, buňkami, které stabilizují cévní stěnu, a před průnikem cíleně vytvářejí podmínky pro narušení této stability (**obr. 3**). V lymfatických cévách, kde tyto struktury chybějí, využívají odlišnou strategii a pronikají spíše postupným vnořováním mezi buňky. Bakterie tak nehlédá cestu silou, ale spíše skulinu – místo, kde k sobě buňky endotelové výstelky nedoléhají úplně.

„Pozorování ukazují, že borelie jsou skutečně mazané. Jejich strategie se přizpůsobuje typu cévy – v krevních kapilárách využívají pericyty jako orientační body, zatímco v lymfatickém systému se opatrně vnořují do buněk, aby překonaly bariéru, aniž by ji rozzuřily,“ říká Martin Strnad.

Právě tento nenápadný způsob vstupu do organismu může vysvětlovat, proč je počáteční fáze infekce tak obtížně zachytitelná a proč se bakterie dokáže rychle šířit, aniž se ihned aktivuje imunitní odpověď.

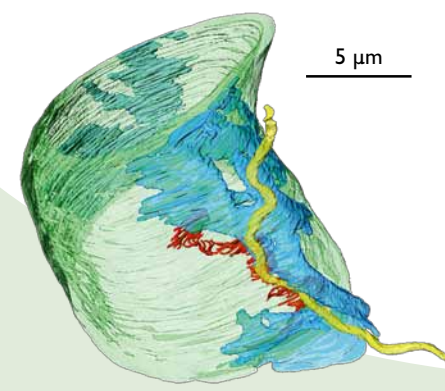
Nové poznatky otevírají cestu k lepšímu pochopení rané fáze lymfscé boreliózy a ukazují potenciální cíle pro prevenci a léčbu. Umožňují hledat způsoby, jak šíření bakterie zpomalit nebo jak zabránit jejímu vstupu do kritických částí těla.

Daniela Procházková

Strnad M. et al.: Nat. Commun., 2025,
DOI: 10.1038/s41467-025-64326-w

Jak borelie hledají skulinu mezi buňkami

Výzkum lymfské boreliózy přinesl v nedáv-
né době jeden z nejdetailejších pohledů
na úplný začátek infekce – okamžik, kdy
bakterie proniká z místa klíštěcího kousnutí
do cév hostitele. Studie publikovaná v *Nature*
Communications, kterou časopis zařadil mezi
padesát nejvýznamnějších prací roku v ob-
lasti mikrobiologie a infekčních onemocnění



Vizualizace Jiří Týč a František Kitzberger

a kterou zároveň Evropská mikroskopická společnost vybrala jako nejlepší publikaci v oblasti věd o živé přírodě za rok 2025, objasnila dosud neznámé mechanismy chování borelií vůči buňkám hostitele. Nová zjištění by mohla v budoucnu vést k možností, jak šíření infekce zpomalit, nebo ji dokonce zabránit už v samém počátku.

Lymská borelióza je závažné infekční onemocnění způsobené bakteriemi rodu *Borrelia*, které přenášejí na člověka vyhradně klíštěta. Po přisátí nakaženého klíštěte pronikají borelie z kůže do dalších částí těla a v pokročilých stadiích mohou zasáhnout srdce, klouby nebo nervovou soustavu. Klíčovým krokem šíření infekce je překonání endoteliální bariéry, tedy

3. Vizualizace borelie (žlutě) v kontaktu s pericytem (modře), který leží na endoteliální buňce (zeleně). Borelie se snaží dostat mezi pericyt a endoteliální buňku a narušit jejich kontakt.

Genom bobu a jeho význam pro udržitelné zemědělství

Bob obecný patří k nejstarším kulturním plodinám na světě. Lidé ho pěstovali už před více než deseti tisíci lety a dodnes představuje významný zdroj rostlinných bílkovin. V době, kdy se hledají způsoby, jak snížit ekologickou stopu zemědělství a nahradit část živočišných bílkovin rostlinnými alternativami, jeho význam znovu roste. Stejně tak krok pro jeho další šlechtění přinesl nedávný počín mezinárodního týmu vědců, jehož součástí byli také odborníci z Ústavu molekulární biologie rostlin Biologického centra AV ČR. Ve studii zveřejněné v časopise *Nature* představili kompletní genom této plodiny [1].

Genom bobu je mimořádně rozsáhlý. Obsahuje přibližně 13 miliard párů bází, tedy zhruba čtyřikrát více genetické informace než genom člověka. Největší z jeho šesti chromozomů je velikostí srovnatelný s celým lidským genomem. Větší genom ovšem neznamená složitější organismus. U bobu totiž genom netvoří větší počet genů, ale opakující se sekvence DNA, například pozůstatky genetických elementů, které se během evoluce v genomu mnohokrát rozmnožily. Právě tyto opakující se sekvence byly jedním z hlavních důvodů, proč bylo sestavení kompletního genomu tak náročné. Teprve nejnovější technologie dlouhého čtení DNA umožnily

jednotlivé části genomu správně poskládat a vytvořit jeho kompletní referenční sekvenci.

Nově vytvořená genomová mapa umožňuje hledat mnohem přesněji geny odpovědné za důležité vlastnosti rostlin. Autoři studie například identifikovali genetické varianty související s velikostí semen nebo s jejich zbarvením. Ještě důležitější však je, že genom otevírá cestu k rychlejšímu šlechtění odrůd s vyšší nutriční hodnotou, lepší odolností vůči chorobám a stabilnějšími výnosy.

Velkou pozornost věnují šlechtitelé také snížení obsahu vicinu a konvicinu. Tyto přirozené se vyskytující sloučeniny mohou u citlivých jedinců vyvolávat zdravotní komplikace a omezují širší využití bobu v lidské výživě. Dalším cílem je snížení obsahu tříslovin a dalších antinutričních látek, které zhoršují využitelnost živin. Díky nové genomové mapě bude možné tyto vlastnosti sledovat a cíleně kombinovat mnohem efektivněji než dosud.

Význam objevu však přesahuje samotnou genetiku. Bob patří mezi nejvýnosnější luskoviny mírného pásma a ve srovnání s hrachem, čočkou nebo cizrnou obsahuje vysoký podíl bílkovin. Zároveň dokáže prostřednictvím symbiózy s půdními bakteriemi vázat vzdušný dusík, čímž snižuje potřebu průmyslových

Snímek Jiří Macas



Bob obecný je bohatým zdrojem bílkovin a lze ho úspěšně pěstovat i v mírném pásmu.

hnojiv. Jeho dlouho kvetoucí porosty navíc poskytují potravu opylovačům a přispívají k rozmanitosti zemědělské krajiny.

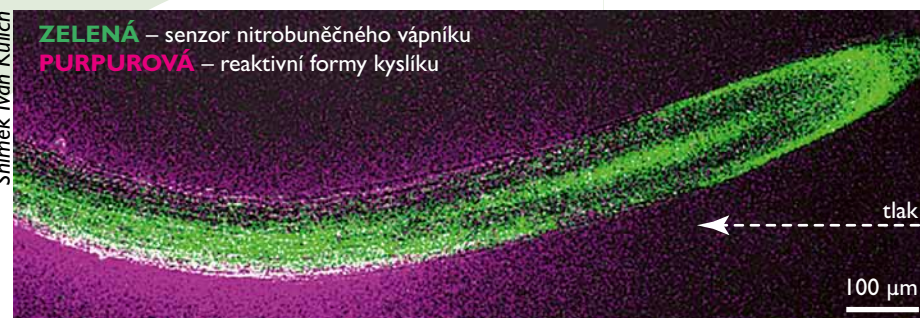
Vědci proto považují bob za jednu z klíčových plodin pro budoucí udržitelné zemědělství v Evropě. Zájem o bob v posledních letech roste také proto, že Evropa usiluje o větší soběstačnost v produkci rostlinných bílkovin. Většina bílkovinných krmiv i potravinářské sóji se dnes dováží z teplejších oblastí. Bob je přitom jednou z mála plodin, která dokáže poskytovat vysoké výnosy i v podmínkách mírného klimatu, a může proto představovat důležitou alternativu k dováženým plodinám. Nově přečtený genom poskytuje šlechtitelům nástroj, který jim umožní tento potenciál využít rychleji než kdykoli předtím.

Daniela Procházková

a tím zpevnění buněčné stěny (dřevnatění). Lze si to představit jako dvousložkové lepidlo: v jedné složce jsou monolignoly a enzymy zajišťující jejich zesíťování a ve druhé složce jsou reaktivní formy kyslíku sloužící jako druhý substrát pro enzymy v první složce.

Produkce ROS je tedy regulační krok, který určuje čas a místo dřevnatění. Co a jak řídí jejich produkci? K zodpovězení této otázky jsme ve spolupráci s rakouským Institute of Science and Technology Austria vyvinuli unikátní metodu, která umožnila sledovat produkci reaktivních forem kyslíku ve vysokém časovém rozlišení. Tato metoda ukázala, že tvorba ROS je velmi dynamická a začíná již desítky vteřin po stimulu. Stimulem může být třeba fytohormon, rozpoznání patogenu anebo mechanické poškození. Všechny tyto stimuly mají společný jmenovatel – vápníkový iont v roli druhého posla signalizace. Podobně jako v nervové soustavě živočichů, v níž funguje jako spouštěč fúze synaptických váčků, slouží vápník v rostlinách k přenosu signálů a je zodpovědný

Snímek Ivan Kulich



Když kořen narazí na překážku, spustí se na konvexní straně vápníková signalizace (zeleně) uvolňující reaktivní formy kyslíku (fialově) do buněčných stěn. Důsledkem je zesíťování ligninu a zpevnění (dřevnatění) této části kořene.

za řadu rychlých reakcí. Funguje to tak, že buňky si udržují jeho extrémně nízkou hladinu v cytoplasmě. Otevření vápníkových kanálů způsobí vnik vápníku do buňky, kde se naváže na řadu bílkovin včetně NADPH oxidáz.

Důkazem, že vápníkový iont je postačující signál vedoucí k produkci ROS, byl experiment, ve kterém jsme do rostliny vpravili uměle vyrobený vápníkový kanál spouštěný modrým světlem. Takto upravené rostliny

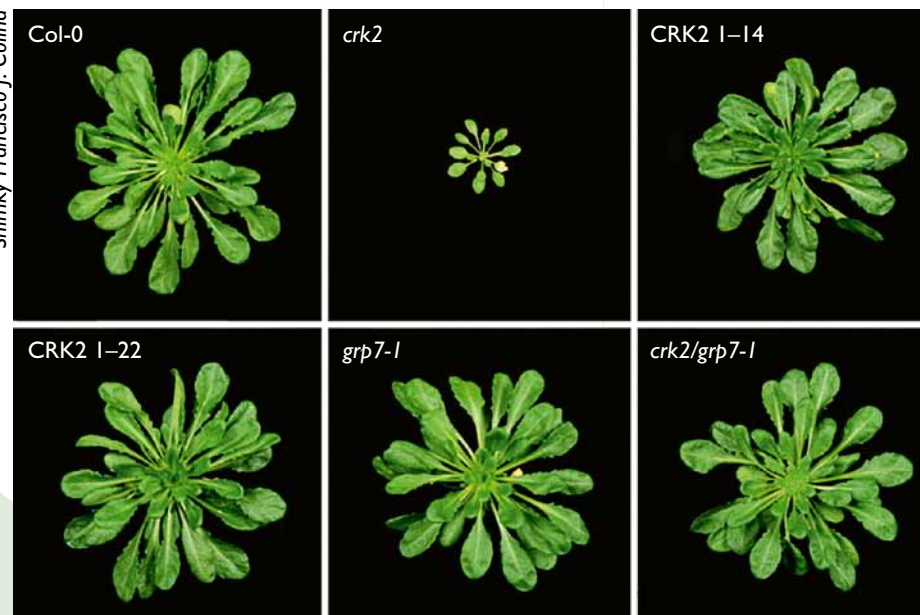
Kdy je správný čas vykvést?

Načasování kvetení patří k nejdůležitějším okamžikům v životě rostlin. Pokud vykvetou příliš brzy, mohou jejich květy poškodit pozdní mrazy. Když naopak kvetení odloží, nemusí stihnout vytvořit zralá semena. Rostliny proto neustále vyhodnocují podmínky prostředí (délku dne, teplotu, dostupnost energie i další signály) a podle nich rozhodují, kdy nastane správný okamžik přejít z růstu do rozmnožování. Jak ale toto složité rozhodování probíhá na molekulární úrovni, zůstává z velké části neznámé.

Na objasnění těchto mechanismů se podíleli vědci z Ústavu molekulární biologie rostlin BC AV ČR. Ve studii publikované v časopise *New Phytologist* odhalili nový regulační síť, který propojuje reakce rostlin na okolní prostředí s řízením doby kvetení [3].

Pozornost výzkumníků se soustředila na receptorový protein CRK2. Ten byl dosud známý především svou rolí při reakcích rostlin na stres, například při napadení patogeny. Nové výsledky ale ukazují, že jeho význam je mnohem širší.

Snímky Francisco J. Colina



Různě mutované rostlinky modelového huseníčku (*Arabidopsis thaliana*) pěstované za krátkého dne. Vlevo nahoře nemutovaná rostlina, vedle ní (nahore uprostřed) rostlina s vypnutým genem pro CRK2.

spouštěly tvorbu ROS po ozáření, aniž by se aktivovala jakákoliv jiná dráha. Naopak bez vápníku žádný ze stimulů nebyl schopen tvorbu ROS nastartovat [2]. Došlo tedy k značnému zjednodušení a splet' nepřehledných signálních drah nahradila jednoduchá poučka – tvorbu ROS spouští vápníkový signál. To je klíč k pochopení, jak dřevnatí poraněná rajčata, suchem vystresované kořeny kukuřice atd.

Příkladem je kořen, který narazí na mechanickou překážku. Během experimentu jsme pozorovali vápníkovou signalizaci a tvorbu ROS na konvexní, natažené straně kořene. Tato strana tedy mechanicky zpevněla a zablokovala další ohyb. Kořeny bez tohoto mechanismu mají problém s adaptivním zpevněním kořene, které vyústí v problém s penetrací do ztuhlé hlíny, významný problém současného zemědělství.

Ivan Kulich

Rostliny, kterým tento protein chyběl, rostly pomaleji a vykvétaly výrazně později než rostliny, které ho měly. Tento efekt byl pozorován zejména při krátkém dni, kdy rozhodující úlohu přebírají vnitřní regulační mechanismy.

Vědci zároveň zjistili, že CRK2 úzce spolupracuje s dalším proteinem, označovaným GRP7. Ten patří mezi proteiny vázající nukleové kyseliny a ovlivňující, jakým způsobem se genetická informace zpracovává při tvorbě bílkovin. Právě tato spolupráce představuje dosud neznámý způsob regulace vývoje rostlin.

Výsledky ukázaly, že oba proteiny společně ovlivňují signalizaci rostlinného hormonu giberelinu. Tento hormon patří mezi hlavní regulátory růstu – prodlužování stonků, klíčení i kvetení. Výzkum prokázal, že rostliny bez funkčního CRK2 reagují na přítomnost giberelinu odlišně. CRK2 je tedy zřejmě důležitý především pro správné předávání signálu tohoto hormonu uvnitř buněk.

Studie ukazuje, že proteiny původně spojované především se stresovými reakcemi mohou současně řídit i zásadní vývojové procesy. Rostlina tedy nevyhodnocuje informace o prostředí a svůj růst odděleně, ale spojuje je do komplexní regulační sítě, která ji umožňuje pružně reagovat na měnící se podmínky.

Přestože jde o základní výzkum, jeho význam přesahuje hranice laboratorních experimentů. Lepší porozumění molekulárním mechanismům, které určují dobu kvetení, může v budoucnu přispět ke šlechtění plodin lépe přizpůsobených měnícímu se klimatu. Schopnost správně načasovat kvetení totiž významně ovlivňuje stabilitu výnosů i odolnost rostlin vůči stále častějším výkyvům počasí.

Daniela Procházková

Kdy, kde a proč rostliny produkují peroxid vodíku?

NADPH oxidázy jsou malé bílkovinné „stroje“, které se nacházejí na buněčných membránách. Štěpí NADPH (nikotinamidadenindinukleotidfosfát) na NADP⁺, H⁺ a elektron. Tento elektron putuje skrz enzym na druhou stranu membrány, kde může způsobit značné chemické změny. Reakcí s kyslíkem vzniká toxický superoxid (O₂⁻), z něhož se následně tvoří peroxid vodíku a další reaktivní formy kyslíku (ROS).

V imunitních buňkách živočichů (například neutrofilech) se NADPH oxidázy nacházejí na

membráně fagozomu, který buňka vytvoří kolem bakterie. Do tohoto uzavřeného prostoru pumpují reaktivní kyslíkové molekuly, které fungují jako chemická dezinfekce a bakterie zabíjejí.

V rostlinných buňkách jsou NADPH oxidázy umístěny na vnější buněčné membráně a uvolňují své reaktivní molekuly směrem ven, do prostoru buněčné stěny, nikoli do fagozomu. Zde tyto reaktivní molekuly pomáhají „slepit“ malé stavební jednotky ligninu (monolignoly), podporují jejich zesíťování,

[1] Jayakodi M. et al., *Nature*, 2023,

DOI: 10.1038/s41586-023-05791-5.

[2] Kulich I. et al., *Science*, 2026,

DOI: 10.1126/science.adu8197.

[3] Colina F. J. et al., *New Phytologist*, 2026,

DOI: 10.1111/nph.70901.

Půda: spojenec v boji s klimatickou změnou

Půda je největším suchozemským zásobníkem uhlíku. Ve formě organické hmoty ho obsahuje více než veškerá světová vegetace i atmosféra dohromady. Právě proto hraje klíčovou roli při zmírňování klimatické změny – dokáže dlouhodobě ukládat uhlík, který rostliny odeberou z atmosféry ve formě oxidu uhličitého. Ne každá půda to ale umí stejně dobře. Vědci z Ústavu půdní biologie a biogeochemie Biologického centra AV ČR dlouhodobě řeší, za jakých podmínek se uhlík v půdě ukládá, jak dlouho v ní vydrží a co o jeho osudu rozhoduje.

Ve studii publikované v časopise *Nature Communications* [1] se mezinárodní tým vedený jihočeskými vědci zabýval tím, jaký vliv má skladba rostlin na ukládání uhlíku. Na první pohled by se mohlo zdát, že čím více druhů rostlin na louce nebo v lese roste, tím více uhlíku se do půdy uloží. Skutečnost je však mnohem složitější. Rozmanitost rostlin podporuje ukládání uhlíku především tam, kde má půda ještě „volnou kapacitu“. V intenzivně obhospodařované krajině nebo v hlubších vrstvách půdy chudých na organickou hmotu může mít vyšší pestrost rostlin výrazný pozitivní efekt. Naproti tomu půdy starých lesů nebo dlouhodobě zachovalých luk, které už obsahují velké množství stabilního uhlíku, mají možnosti dalšího ukládání omezenější.

Rozlišuje se přitom i forma uloženého uhlíku. Část zůstává v rychle se měnící organické hmotě, která se v půdě udrží jen krátce, zatímco jiná část se váže na minerální částice a může v půdě přetrvávat po desetiletí až staletí. Právě rovnováha mezi těmito formami rozhoduje o dlouhodobém potenciálu půdy ukládat uhlík.

Samotné rostliny ale představují jen začátek celého procesu. Zásobují totiž půdu organickou hmotou ze svých odumřelých listů, kořenů atp. a produkují též velké množství kořenových výměšků. Jakmile se tyto organické látky dostanou do půdy, nastupuje nesmírně komplexní společenstvo půdních organismů. Žížaly, roztoči, chvostokoci, mnohonožky a další drobní živočichové rozkládají organickou hmotu, přemísťují ji půdním profilem a zásadně ovlivňují činnost mikroorganismů. Tato skrytá armáda půdních organismů rozhoduje o tom, zda se uhlík rychle vrátí zpět do atmosféry, nebo se naváže na půdní minerály a stane se stabilní součástí půdní zásoby.

O vlivu půdní fauny na dlouhodobé ukládání uhlíku zatím kupodivu víme jen velmi málo. „Překvapil nás nedostatek studií o tom, jak půdní fauna mechanicky i kvantitativně ovlivňuje labilní a minerálně vázanou organickou hmotu. Přitom jediné tehdy, když půdní živočichy zahrneme do našich koncepcí a modelů, budeme schopni efektivně hospodařit s půdou jako s úložištěm uhlíku, zásobárnou živin a zdrojem potravy v rychle se měnícím prostředí,“ říká Gerrit Angst z Biologického centra AV ČR.

Nedávný výzkum přinesl i nový pohled na roli žížal při ukládání uhlíku do půdy. Žížaly fungují jako jakési přírodní zpracovatelské linky. Spadaný rostlinný materiál rozemlní, promíchají s minerální půdou a v jejich trávicím traktu se výrazně změní jeho chemické i fyzikální vlastnosti. Žížalí výkaly tak jsou doslova mikrobiálními „hotspoty“ – místa s vysokou aktivitou mikroorganismů.

Právě tady se urychluje přeměna čerstvých rostlinných zbytků na jemnější a stabilnější formy uhlíku, které se snáze vážou na minerální částice půdy. Žížaly tak nepřímo podporují vznik dlouhodobých zásob uhlíku, které mohou v půdě přetrvávat desítky až stovky let.

Podobně i mnohonožky a další rozkladači mění kvalitu rostlinných zbytků ještě před tím, než se stanou součástí půdy. Rozkouskují je, ovlivňují jejich chemické složení a tím určují, jak rychle budou mikroorganismy schopny organickou hmotu rozložit [2, 3].

Významný je též časový rozměr těchto interakcí. Půda má totiž unikátní schopnost zachovávat stopy toho, co se v ní v minulosti

Snímek The Jena Experiment



Experimentální rostlinné plochy pro studium ukládání uhlíku v půdě.

odehrálo. Formování biogenních struktur může mít v okamžiku jejich vzniku malý vliv, tyto struktury ale přetrvávají a hromadí se v čase a postupem doby mohou vytvářet celé půdní horizonty a vést ke změně toho, jak půda funguje, kdo v ní žije a jaké rostliny v ní porostou [4].

Významnou roli hraje také způsob, jakým člověk s krajinou zachází. Rozsáhlý výzkum, který srovnával dlouhodobě chráněné louky s běžně obhospodařovanými poli, ukázal, že chráněné lokality ukládají do půdy více uhlíku. Nejde přitom pouze o vyšší počet rostlinných druhů. Důležitější je dlouhodobá stabilita prostředí, menší narušování půdy a přítomnost rostlin s vlastnostmi, které ukládání uhlíku podporují [5].

V chráněných ekosystémech se navíc stabilizují vztahy mezi rostlinami, půdními mikroorganismy a půdní faunou. To vede

k efektivnějšímu přenosu uhlíku do stabilních forem půdní organické hmoty. Výsledky tak naznačují, že ochrana přírody může současně přispívat nejen k zachování biodiverzity, ale i k přirozenému zadržování uhlíku v krajině.

Studie jihočeských vědců ukazují, že půda není pasivní zásobárnou organické hmoty. O tom, kolik uhlíku v ní zůstane, rozhoduje

souhra rostlin, půdních živočichů, mikroorganismů i způsobu hospodaření. Pokud chceme využít půdu jako významný přírodní nástroj pro zmírňování klimatické změny, nestačí chránit jednotlivé druhy nebo zvyšovat produkci biomasy. Je potřeba porozumět fungování celého půdního ekosystému.

Daniela Procházková

Obnova krajiny po těžbě i požárech

Těžba nerostů výrazně poškozuje krajinu a téměř všechny složky ekosystémů. Když se těžba ukončí, veřejnost chce vidět rychlou obnovu postižených míst – vysadit stromy, zarovnat svahy a co nejdříve vrátit území do normálního „zeleného“ stavu. Výzkumy vědců z našeho ústavu ale ukazují, že tam, kde dostanou prostor samovolné přírodní procesy, může vzniknout odolnější a biologicky cennější ekosystém, a to řádově levněji než při nákladných rekultivacích.

Jihočeští vědci sledují spontánní obnovu posttěžební krajiny už řadu let, mimo jiné na výsypkách po těžbě hnědého uhlí na Sokolovsku. Právě zde porovnávají technicky rekultivované plochy s lokalitami ponechanými samovolnému vývoji. Výsledky ukazují, že technické rekultivace sice v prvních letech urychlí zazenání krajiny, po třech desetiletích se však rozdíl stírají. V řadě parametrů, jako je celková biomasa vegetace, vývoj půd, schopnost půdy zadržovat vodu a celkové vodní režim, jsou spontánně obnovené plochy lepší. Odborníci dokonce pozorovali, že na starších místech obnovovaných přírodními procesy mají dřeviny větší biomasu či rostou rychleji než na rekultivovaných plochách. Některé výsledky studií také naznačují, že

porosty obnovené přirozeně mohou být odolnější vůči suchu, a být tedy lépe adaptované na probíhající klimatickou změnu [6].

Ačkoli bývalé doly a lomy po těžbě nerostů bývají považovány za symbol zničené krajiny, ve skutečnosti představují jedny z nejceněnějších lokalit pro mnoho ohrožených druhů. Důvod je překvapivě jednoduchý – půdy na výsypkách obsahují velmi málo živin. Zatímco většina dnešní krajiny je dlouhodobě obohacována hnojivy, na chudých substrátech nemají převahu běžné druhy. Šanci zde dostávají rostliny i živočichové, kteří z intenzivně využívané krajiny vymizeli nebo jsou extrémně vzácní. Právě výsypky ponechané samovolné sukcesi se proto v prvních letech stávají ostrovy biodiverzity, na nichž nacházejí útočiště vzácné rostliny, motýly, pavouci, obojživelníci i ptáci. Významnou roli hraje také členitý terén a pestrá mozaika různých substrátů, která vytváří množství drobných stanovišť. Takovou rozmanitost lze při technické rekultivaci napodobit jen obtížně a je to finančně a technicky velmi náročné.

Vytváření rozmanitých přírodních stanovišť dnes zdůrazňuje také evropské nařízení o obnově přírody (Nature Restoration Law), které vstoupilo v platnost v roce 2024. Jeho

cílem je obnovit poškozené ekosystémy, posílit jejich schopnost zadržovat vodu, ukládat uhlík a podporovat biodiverzitu. Právě posttěžební krajina může být jedním z míst, kde lze těchto cílů dosáhnout přirozenými procesy, bez nákladných technických zásahů.

Podobné závěry přináší i dlouhodobý výzkum v Národním parku České Švýcarsko, které vědci z Biologického centra AV ČR sledují už od roku 2020. Po ničivém požáru v roce 2022, jenž zasáhl přes tisíc hektarů území, se objevily výzvy k rozsáhlému vysazování nového lesa. Na první pohled jde o zcela odlišné prostředí než výsypky po těžbě. V obou případech ale příroda využívá stejné mechanismy – nejprve nastupují pionýrské druhy, které připravují podmínky pro vznik stabilnějšího ekosystému.

Už během několika týdnů začaly požářiště osidlovat pionýrské dřeviny, především břízy a osiky. Ty rychle vytvářejí hustý porost, který chrání mladé buky, duby nebo borovice před přehříváním i okusem zvěří. Přirozená obnova je navíc mimořádně účinná – žádná technická výsadba nedokáže během tak krátké doby pokrýt celé území.

Výzkum přinesl ještě jedno důležité zjištění. Za šíření požárů nejsou zodpovědné padlé kmeny, jak si často lidé myslí, ale vrstva jehličnatého opadu na povrchu půdy. Ta může během suchého počasí velmi dobře hořet, má poměrně velkou výhřevnost a umožňuje rychlé plošné šíření ohně. Jakmile ji postupně nahradí listnaté dřeviny s rychle rozložitelným listím, požární riziko přirozeně klesá. Samotná obnova lesa tak zároveň snižuje pravděpodobnost dalších rozsáhlých požárů.

To neznamená, že technické rekultivace nemají své místo. Na některých lokalitách jsou nezbytné z bezpečnostních nebo hospodářských důvodů. Výzkumy však dokládají, že není nutné obnovovat každé narušené území stejným způsobem.

Tam, kde to podmínky dovolují, je ponechání prostoru přirozeným procesům nejen levnější, ale také ekologicky hodnotnější než snaha obnovit krajinu výhradně technickými prostředky. Vznikají odolnější ekosystémy, které lépe zadržují vodu, podporují biodiverzitu a zároveň nevyžadují nákladné zásahy člověka. Je ale potřeba dát přírodě čas a prostor, aby pracovala podle vlastních pravidel.

Daniela Procházková

Snímek Daniela Procházková



Krajina na Sokolovsku narušená těžbou uhlí.



Snímek Václav Píží

Žížaly podporují vznik dlouhodobých zásob uhlíku (na snímku žížala svítivá, *Eisenia lucens*, viz *Vesmír* 102, 531, 2023/9).

- [1] Angst Š. et al.: *Nat. Commun.*, 2025, DOI: 10.1038/s41467-025-60712-6.
- [2] Angst G. et al.: *Nat. Commun.*, 2024, DOI: 10.1038/s41467-024-49240-x.
- [3] Frouz J. et al.: *Geoderma*, 2018, DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.09.065.
- [4] Frouz J.: *Soil Biology and Biochemistry*, 2024, DOI: 10.1016/j.soilbio.2023.109289.
- [5] Murindangabo Y. T. et al.: *Functional Ecology*, 2026, DOI: 10.1111/1365-2435.70267.
- [6] AVex 01 2025. Dostupné na <https://pdf.avcr.cz/AVex/2025-01>.