



Př

PŘÍRODOVĚDCI.CZ

TÉMA ČÍSLA

BUŇKY

Magazín Přírodovědecké fakulty
Univerzity Karlovy 01/2025

Buňka – základ života

8

Molekulární řeč, která formuje život

12

Bez jádra i organel

18

sočky na PřF UK

Máš v úmyslu psát práci na SOČ? Chceš posunout svou SOČ na novou úroveň? Přidej se k nám na semináře vědecké práce na Přírodovědecké fakultě UK!



Nezmeškej příležitost, zaregistruj se hned! Těšíme se na tebe!



Přírodovědecká fakulta
Univerzita Karlova


Univerzita
Karlova



PŘÍRODOVĚDCI.CZ



Spolufinancováno
Evropskou unií


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



MILÍ ČTENÁŘI,

když anglický badatel Robert Hooke v 17. století poprvé pozoroval buněčné stěny v kůře korkovníku a pojmenoval je „cellulae“ – tedy buňky – mohl jen tušit, na prahu jakého objevu vlastně stanul. Jen pár let po něm již holandský výrobce čoček Antoni van Leeuwenhoek pozoroval výkonným mikroskopem vlastní výroby řadu buněčných typů – červené krvinky, spermie či svalová vlákna. A také „malá zvířátka“ (animalcule), která objevil v dešťové vodě. Přesto trvalo dalších 150 let, než byla buňka uznána, za co ji dnes všichni samozřejmě považujeme – za základní stavební jednotku života. Velkou zásluhu na tom měl i český fyziolog Jan Evangelista Purkyně.

Možná si říkáte, co viry nebo bakteriofagy? Jsou to také živé organismy, když se samy nemohou rozmnožovat a potřebují k tomu hostitelskou buňku? A jak vlastně vypadal svět předtím, než se vyvinuly složité mnohobuněčné organismy? Všechny tyto otázky řeší buněčné výzkumy, z nichž celá řada probíhá na půdě naší fakulty. Mnohé z nich mají velký ohlas a vědecké týmy za ně získávají významná ocenění (Ceny Neuron, České hlavy). V novém čísle našeho časopisu bychom vás rádi seznámili alespoň s částí z nich.

Příjemné čtení přeje

Vladimír Krylov

doc.RNDr. Ing. Vladimír Krylov, Ph.D.
děkan Přírodovědecké fakulty UK

Obsah



CO NOVÉHO

- 4 | Odvrácená strana běžeckého lyžování
- 5 | Naděje na nová antimykotika
- 6 | Genetika vs. deratizace
- 7 | Na Marsu jako v Utahu?

TÉMA – BUŇKY

- 8 | Buňka – základ života
- 12 | Molekulární řeč, která formuje život
- 14 | Fascinující rostlinný cytoskelet
- 16 | Lekce z buněčné archeologie
- 18 | Bez jádra i organel
- 20 | Dokonalá souhra v obraně
- 22 | Kdo to všechno řídí?
- 24 | Život s devatenácti aminokyselinami

ROZHOVOR S PŘÍRODOVĚDCEM

- 26 | Geologie, to nejsou jen „šutry“

PŘÍRODOVĚDCI UČITELŮM

- 28 | SOČky na PřF UK

STUDENTI

- 29 | Studentský velemluk 2025

1 | 2025 | ROČNÍK XIV.

NÁZEV

Přírodovědci.cz – magazín
Přírodovědecké fakulty Univerzity
Karlovy

PERIODICITA

Čtvrtletník

CENA

Zdarma

DATUM VYDÁNÍ

27. 3. 2025

NÁKLAD

12 000 ks

EVIDENČNÍ ČÍSLO

MK ČR E 20877 | ISSN 1805-5591

EDITOR

Petr Souček
petr.soucek@natur.cuni.cz

REDAKČNÍ RADA

GEOLOGIE
Mgr. Lukáš Laihl, Ph.D.
Mgr. Filip Tomek, Ph.D.

GEOGRAFIE

RNDr. Jakub Jelen, Ph.D.
RNDr. Tomáš Matějček, Ph.D.

BIOLOGIE

Mgr. Martin Čertner, Ph.D.
Mgr. Petr Šípek, Ph.D.
Mgr. Veronika Rudolfová

CHEMIE

RNDr. Pavel Teplý, Ph.D.
doc. RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.
prof. RNDr. Jan Kotek, Ph.D.

KOORDINÁTOR PROJEKTU

Mgr. Michal Andrlé, Ph.D.
michal.andrle@natur.cuni.cz

KOREKTURY

imprimis

GRAFIKA

Štěpán Bartošek

TISK

Trianglprint

ILUSTRACE NA OBÁLCE

Buňky v síti. Využívající se nervové buňky se propojují nejen v našem těle, ale i na Petriho misce. Oranžové jádra, modře mikrotubuly, fialové aktin. Foto Štěpánka Martišková

VYDAVATEL | ADRESA REDAKCE

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Albertov 6, 128 00 Praha 2
IČO: 00216208 | DIČ: CZ00216208

www.natur.cuni.cz

Přetisk článků je možný pouze se
souhlasem redakce a s uvedením zdroje.

© Přírodovědecká fakulta
Univerzity Karlovy 2025

KULTURA

- 30 | Fakultní ples v novém

NAŠE PUBLIKACE

- 31 | Paleontologie do kapsy
- 31 | Hmyzí encyklopedie pro každého

PŘÍRODOVĚDCI OBRAZEM

- 32 | Za životem do zamrzlé pouště

PŘÍRODOVĚDA AKTUÁLNĚ

- 36 | Pětiletá cesta do pravěku

TIP NA VÝLET

- 37 | Rozkvetlé mandloně lákají na výlet

CHEMICKÉ KURIOZITY

- 38 | Neobvyklé mastné kyseliny v přírodě

KALENDAŘ PŘÍRODOVĚDCŮ

- 39 | Kalendář Přírodovědců

Odvrácená strana běžeckého lyžování

Nevinně bílá stopa Jizerek... nebo ne?

JAROSLAV SEMERÁD, TOMÁŠ CAJTHAML, MAGDALENA BAREŠOVÁ

PFAS, přezdívané věčné chemikálie (*forever chemicals*), se masově využívají od 60. letech 20. století, přičemž se na jejich potenciální zdravotní rizika upozorňuje více než 20 let. Ve veřejném prostoru se diskuze o jejich závažnosti rozvíjí až v posledních letech – navzdory faktu, že jsme těmto chemikáliím vystaveni neustále. PFAS jsou extrémně stabilní a za běžných podmínek se prakticky nerozkládají. Skvěle odpuzují vodu, mastnotu i nečistoty a odolávají extrémním teplotám. Pomáhají oblečení zůstat nepromokavým, pánvím nepřilnavými, potravinovým obalům odolávat mastnotě, kelímkům na kávu neprosáknout, řasenkám vydržet celý den bez rozmazání a lyžím zlepšit skluz.

Cenou za bezchybný make-up a rychlejší lyže jsou dlouhodobé negativní dopady na životní prostředí i lidské zdraví – bioakumulace napříč trofickými úrovněmi, toxické, karcinogenní a endokrinně disruptivní účinky. Výrobu a využití tří zástupců PFAS (ze skupiny čítající přes 12 tisíc látek) již reguluje Stockholmská úmluva: od roku 2009 perfluorooktansulfonovou (PFOS), od 2019 perfluorooktanovou (PFOA) a od 2022 perfluorhexansulfonovou kyselinu (PFHxS). V roce 2023 byly PFAS zahrnuty také v evropských limitech na pitnou vodu (100 ng/L pro 20 vybraných PFAS, 500 ng/L pro celkový obsah sledovaných PFAS).

Jizerské hory, ačkoli jsou jinak relativně nezasazenou oblastí, čelí intenzivní zátěži běžkařů. Vedle atmosférické depozice představují právě fluorované vosky pravděpodobně hlavní zdroj kontaminace PFAS a bezprostředně ohrožují celý ekosystém tohoto chráněného



▲ Stopa kolem vodárenské nádrže Josefův Důl. Foto archiv autorů

území včetně zdrojů pitné vody. Data ze zimní sezony 2024/2025 prokázala koncentrace PFAS ve sněhu běžkařských stop v řádu stovek až tisíců ng/L. Přímá spojitost s používáním fluorovaných vosků je přitom nepopiratelná.

Tento chemický „doping“ se v běžeckém a sjezdovém lyžování rozšířil v 90. letech. Od sezóny 2023/2024 je Mezinárodní lyžařská federace na profesionální úrovni zakázala a odpovědní výrobci postupně vyřazují nejproblematictější sloučeniny. Přesto jsou na trhu stále k dostání fluorované vosky obsahující jak legislativně regulované PFAS, tak i obdobně rizikové alternativy. Další kapitolou jsou domácí a servisní zásoby těchto vosků. Konkrét-

ními daty z Jizerek mají proto motivovat běžkařskou i sjezdařskou komunitu, aby nejen přestala fluorované vosky používat, ale také je vnímala jako toxický odpad určený k ekologické likvidaci. Bez osvěty, zájmu veřejnosti a medializace environmentálních dopadů není možné využití věčných chemikálií efektivně omezit. ●

Kontaminaci běžkařských tras a vodárenských nádrží Jizerských hor per-polyfluorovanými sloučeninami (PFAS) z lyžařských vosků se věnuje Ústav pro životní prostředí PŘF UK spolu s Mikrobiologickým ústavem AV ČR. Projekt PFAS in WAX (SS07010336), podpořený TA ČR, probíhá od 4/2024 do 12/2026.

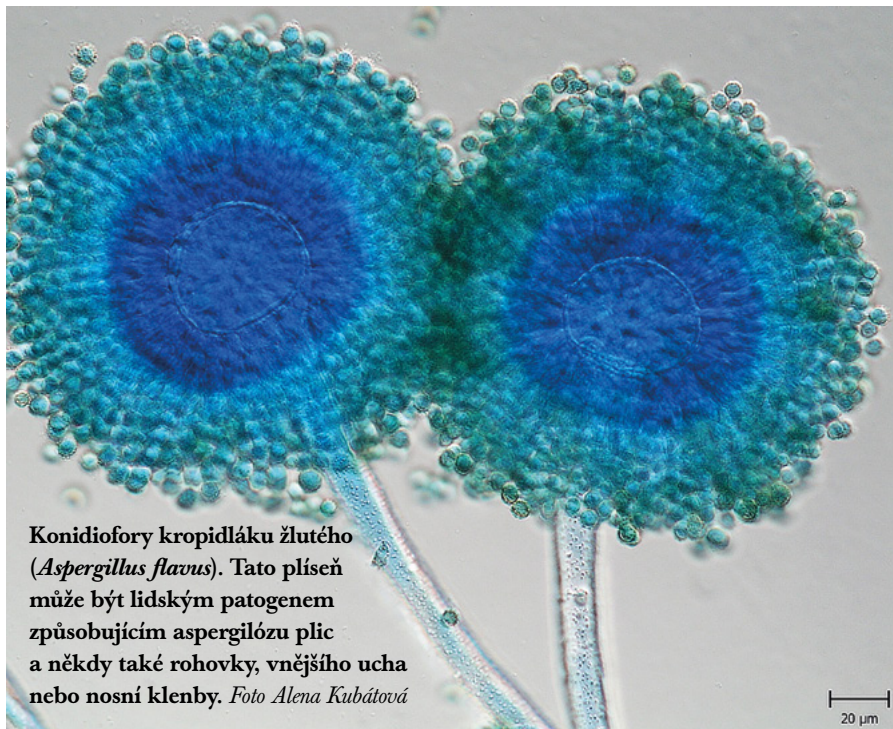
Naděje na nová antimykotika

Fakultní vědci na stopě novým léčivům proti mykotickým infekcím

Invazivní fungální infekce představují celosvětový problém, zejména pro pacienty se sníženou imunitou, například při transplantaci orgánů, léčbě rakoviny či postcovidovém syndromu. Ročně si vyžádají až 3,7 milionu úmrtí. Výjimkou však není ani nakažení zcela zdravého jedince. V poslední dekádě se navíc počet případů fungálních infekcí téměř zdvojnásobil, mimo jiné v důsledku adaptace fungálních patogenů na klimatickou změnu.

Oproti antibiotikům používaným proti bakteriím je arzenál léčiv proti patogením houbám, tzv. antimykotik, poměrně omezený. V současnosti existují tři hlavní třídy antimykotik – azoly, echinokandiny a polyeny. Problémem však je, že proti většině těchto antimykotik již byla zaznamenána rezistence, která je často důsledkem neuváženého používání podobných látek v zemědělství k ochraně rostlin. To výrazně komplikuje léčbu.

Jedním z nejúčinnějších antimykotik na trhu, s výraznou a na dávce závislou účinností proti většině druhů rodů *Candida* a *Aspergillus*, které způsobují život ohrožující infekce, je amfotericin B (AmB) ze skupiny polyenů. Tento lék má však řadu vedlejších účinků, zejména výraznou nefrotoxicitu (škodlivost pro ledviny), což brání jeho širokému použití. Proto je využíván pouze jako léčivo poslední záchrany (last resort drug). Na druhou stranu AmB vykazuje mimořádně silnou a na dávce závislou aktivitu proti širokému spektru fungálních patogenů, přičemž pravděpodobnost vzniku rezistence je velmi nízká. Aby se snížila toxicita, podává se AmB v pokročilých formulacích, například jako AmB-deoxycholát nebo v lipidových komplexech.



Konidiofory kropidláku žlutého (*Aspergillus flavus*). Tato plíseň může být lidským patogenem způsobujícím aspergilózu plic a někdy také rohovky, vnějšího ucha nebo nosní klenby. Foto Alena Kubátová

Tým vedený Ondřejem Baszczyńským z Katedry organické chemie PŘF UK, který se dlouhodobě zabývá snižováním toxicity AmB ve spolupráci s řadou týmů na PŘF UK, Akademii věd ČR (Mikrobiologický ústav, Ústav organické chemie a biochemie) i v zahraničí, prokázal v nedávno publikované studii v *European Journal of Medicinal Chemistry*, že proléčiva odvozená od AmB výrazně snižují jeho toxicitu, aniž by byla ovlivněna jeho fungicidní aktivita.

Rozsáhlá studie ukázala, že přeměna AmB na příslušná proléčiva významně snižuje jeho cytotoxicitu. AmB se in vitro uvolňuje z připravených proléčiv různou rychlostí v čerstvé lidské plazmě a všechna testovaná proléčiva vykazují výrazně nižší cytotoxicitu než AmB-

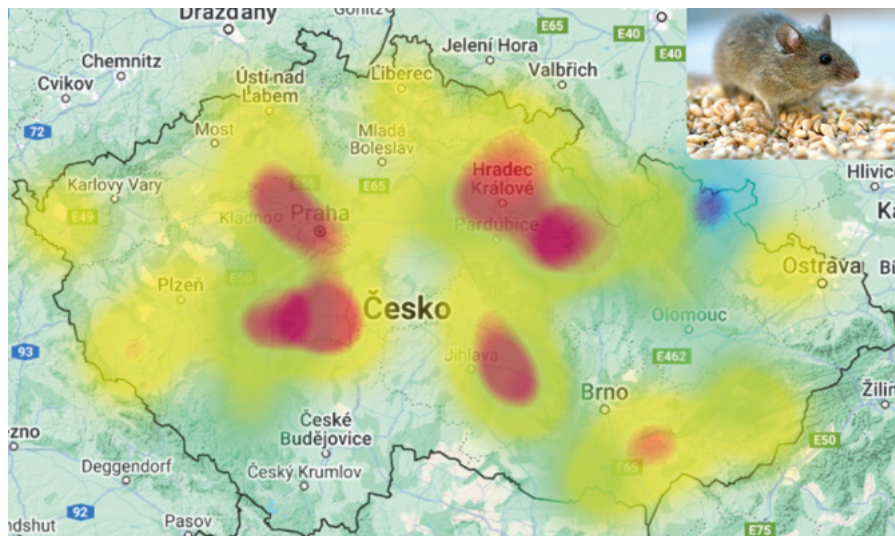
-deoxycholát, který se používá v klinické praxi. V in vivo infekčním modelu larvy zavíječe voskového (*Galleria mellonella*), infikované buď *Aspergillus fumigatus*, nebo *Candida albicans*, byly antimykotické aktivity a terapeutické účinky proléčiv přinejmenším srovnatelné s AmB-deoxycholátem a liposomálními formulacemi. To naznačuje, že se AmB v hostiteli postupně uvolňuje z připravených proléčiv. Vzhledem k výsledkům in vitro i in vivo experimentů se některá připravená proléčiva jeví jako slibní kandidáti pro další vývoj. ●

Podpořeno projekty GAČR, Chytrá léčiva: Nové konjugovatelné self-immolativní spojky pro cílené doručení léčiv (23-05752S) a Strategie AV21 „VP33 MycoLife – the world of fungi“ Akademie věd ČR.

Genetika vs. deratizace

Proč už některé jedy na hlodavce nefungují?

VERONIKA RUDOLFOVÁ



◀ Z mapy je patrný nečekaně vysoký výskyt rezistence na našem území. Žlutočervená barva představuje rezistentní jedince, modrá barva naopak jedince, kteří rezistentní nejsou.

Zdroj RRAC, Shutterstock.com

známá rezistence u hlodavců, pouze u tří látek ze skupiny 2. generace ještě nebyla detekována. „Přestože část zemědělců má problémy se zhoršenou účinností rodenticidních přípravků, neměli doposud žádné potvrzené informace o přítomnosti rezistence v populacích hlodavců,“ vysvětluje Zuzana Starostová.

Již delší dobu je známo, že hubení hlodavců pomocí rodenticidů není tak snadné. Hlodavci totiž mohou nést mutaci, která způsobuje sníženou citlivost nebo dokonce rezistenci k anti-koagulantním rodenticidům – jedinec nástrahu pozře, ale neuhyne. Používání neúčinných přípravků následně vede k hubení citlivých jedinců a přežívání těch rezistentních, kteří se dále množí a postupně v populaci převládnou.

V Česku proto v současnosti probíhá pod záštitou ministerstva zemědělství v rámci Národního akčního plánu k bezpečnému používání pesticidů v ČR výzkum rezistence vůči běžným rodenticidům. Řešitelský tým se skládá zejména z vědců z Národního centra zemědělského a potravinářského výzkumu (NCZPV), na projektu ale spolupracuje také Zuzana Starostová z katedry zoologie Přírodovědecké fakulty UK.

Antikoagulantní rodenticidy se používají od 50. let 20. století, kdy se začal hojně

využívat warfarin. Již v roce 1958 však byla ve Skotsku zjištěna rezistence vůči této látce. Následně byly vyvinuty další účinné látky, tzv. antikoagulanty 1. generace, na něž však také brzy vznikla rezistence. Poté následovaly antikoagulanty 2. generace, které tvoří většinu dnes používaných rodenticidů. Ty ovšem představují vyšší riziko pro ekosystém (pokud otráveného hlodavce pozře predátor, hromadí se jed v jeho játrech a posouvá se tak výše v potravním řetězci). Nicméně i na některé z nich si hlodavci časem vyvinuli rezistenci.

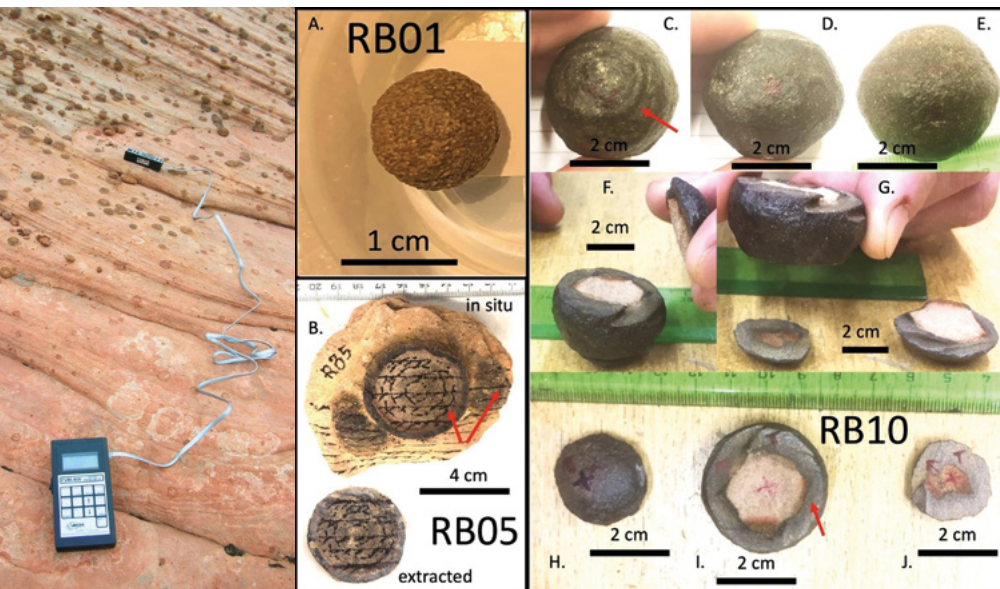
Genetická podstata rezistence spočívá v mutaci v genu *VKORC1*, který je nezbytný k recyklaci vitamínu K potřebného pro srážení krve. Pozření jedu by mělo vést k vnitřnímu krvácení a následně po několika dnech ke smrti, mutace však způsobuje funkční změny, které umožní hlodavci přežít. V Česku (a celé EU) je aktuálně povoleno používání osmi účinných látek, které slouží jako antikoagulantní rodenticidy. U pěti z nich je

Výzkumný projekt je prvním krokem k poznání současné situace v Česku. Již v letech 2019–2022 byl potvrzen výskyt rezistence u myši domácí, v roce 2023 byl proto spuštěn cílený monitoring v zemědělských a potravinářských provozech. Tým Marcely Fraňkové (NCZPV) zajišťuje odchyty hlodavců a laboratorní testování, při kterém je myším předkládána jedovatá nástraha, Zuzana Starostová k výzkumu přispívá testováním genetické podstaty rezistence.

Studie již odhalila novou mutaci, která způsobuje rezistenci vůči nejpoužívanějšímu antikoagulantu bromadiolonu. A bohužel se potvrdil velmi vysoký výskyt rezistence v ČR – 80 % testovaných jedinců nově popsanou mutaci vykazovalo. V aktuálním roce plánují vědci rozšíření rezistence na našem území zmapovat. „Určitě by nás zajímalo, jak je to s rezistencí vůči antikoagulantním rodenticidům u dalších zemědělsky zásadních druhů hlodavců, jako jsou potkan a krysa. Snad se to dozvíme v rámci dalších výzkumných projektů,“ říká Zuzana Starostová. ●

Na Marsu jako v Utahu?

Co mají společného pozemské železité konkrce a marsovské „borůvky“



▲ Utažské kuličky obsahující krystalky hematitu patrně skrývají záznam o změnách geomagnetického pole. *Zdroj původní studie, foto Günther Kletetschka*

V pískovcích Utahu se v průběhu milionů let zformovaly kulovité útvary bohaté na železo, tzv. konkrce. Jak zjistili čeští vědci Lucie Smrčinová a Günther Kletetschka z Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užité geofyziky PŘF UK, tyto konkrce obsahují složité magnetické vzorce, na nichž lze studovat geologickou minulost Země – a nejen její.

Výzkum ukázal, že železité útvary o velikosti od několika milimetrů až po několik centimetrů obsahují různé magnetické složky s odlišnou orientací. To naznačuje, že během svého dlouhodobého vývoje zaznamenávaly změny zemského magnetického pole. Podle vědců je pravděpodobné, že výskyt magnetických složek s různou orientací souvisí se změnami směru tohoto pole.

Magnetické vlastnosti se nicméně mohly změnit i v důsledku chemických procesů po jejich vzniku.

„Když jsme konkrce prozkoumali elektronovým mikroskopem, odhalili jsme jejich zajímavou dvoufázovou strukturu,“ vysvětluje hlavní autorka studie Lucie Smrčinová. „Drobné krystaly hematitu (10–20 μm) jsou zasazeny v základní hmotě tvořené goethitem ($\text{FeO}(\text{OH})$) – železitým minerálem běžným v půdách a zvětralých horninách, který se časem může přeměnit na hematit.“

Tato dvoufázová struktura naznačuje, že konkrce vznikaly ve dvou krocích: nejprve se rychle vysrážely železité hydroxidy (z podzemní vody bohaté na železo) a následně prošly dlouhodobou mineralogickou přeměnou na hematit.

Tento proces mohl v konkrcích uchovat otisky změn magnetického pole v průběhu milionů let.

Význam výzkumu se však neomezuje pouze na naši planetu, ale může přispět také k pochopení geologických procesů na čtvrté planetě Sluneční soustavy – Marsu. „Na Marsu objevil rover Opportunity v roce 2004 podobné železité konkrce, kterým se pro jejich tvar a velikost začalo přezdívat „borůvky“,“ vysvětluje spoluautor studie, docent Günther Kletetschka. „Tyto marsovské kuličky jsou, stejně jako ty pozemské, tvořeny převážně hematitem. To je velmi zajímavé zjištění, protože přítomnost hematitu na Marsu naznačuje, že v místě jejich vzniku mohla být kdysi kapalná voda.“

Při srovnávání Země a Marsu je však třeba opatrnosti. Podmínky na rudé planetě jsou výrazně odlišné: panují zde mnohem nižší teploty, voda má jinou chemii a kyselost (pH), v době vzniku konkrací zde chybělo silné magnetické pole a zvětrávací procesy probíhají jinak než na Zemi. Přestože je přímé srovnání pozemských a marsovských konkrací složité, pokračující výzkum na obou planetách může přinést důležité odpovědi.

Vědci plánují provést nové paleomagnetické analýzy pozemských konkrací, přesnější datování jejich stáří a detailní studium procesu, jakým konkrce uchovávají magnetické záznamy. Tyto výzkumy nám pomohou lépe pochopit, jak spolehlivě takové útvary zachycují informace o dávné minulosti. Získané poznatky by pak mohly pomoci při vývoji metod pro studium marsovských „borůvek“ – a tím i k rekonstrukci podmínek, které kdysi panovaly na rudé planetě. ●

Buňka – základ života

LENKA LIBUSOVÁ

Dělící se lidská buňka (modře aktin pod plazmatickou membránou, růžově kondenzované chromozomy, oranžově dělicí vřeténko). Foto Tereza Humhalová

„Živé organismy se skládají z buněk a buňka je základní jednotkou živého organismu.“ To je vlastně v kostce buněčná teorie, formulovaná v letech 1838–39 Matthiasem Schleidenem a Theodorem Schwannem. Na jejím prahu stanul již dříve český fyziolog Jan Evangelista Purkyně při přednášce v pražském Karolinu. V roce 1855 pak teorii doplnil Rudolf Virchow důležitým poznatkem, že každá buňka pochází z buňky jiné (*Omnis cellula e cellula*), a nemůže tedy povstat z neživé látky. Buněčná teorie se rychle stala široce přijímanou. Dnes patří mezi nejdůležitější přírodovědné teorie, které moderní věda formulovala. Pojďme nyní do světa buněk společně nahlédnout.

BUNĚČNÁ JEDNOTA

Dle buněčné teorie vnímáme buňky jako samostatné funkční jednotky. V případě jednobuněčných tvorů, jakým je třeba améba, je to celkem intuitivní, neboť buňka je zároveň i celým organismem a úplně sama musí naplnit všechny jeho typické vlastnosti – samostatně existuje a udržuje svou složitou strukturu; běží v ní mnoho metabolických reakcí; vyměňuje si s okolím látky, energii a informace; dělí se, čímž vznikají další samostatné buňky – v tomto případě celé nové améby, atd. Totéž však stejnou měrou platí i pro jednotlivé buňky ve složitých mnohobuněčných organismech, jako jsou člověk, moucha, růže či žampion. I zde jsou jednotlivé buňky ve tkáních či pletivech samostatnými jednotkami, ačkoliv musí samozřejmě navzájem spolupracovat, vytvářet jedno kompaktní tělo a být do určité míry centrálně řízeny, např. hormony.

► **Nesmrtelná linie HeLa buněk**
(modře DNA v jádrech, zeleně mikrofilamenta, červeně endozomální váčky). Foto Lenka Libusová

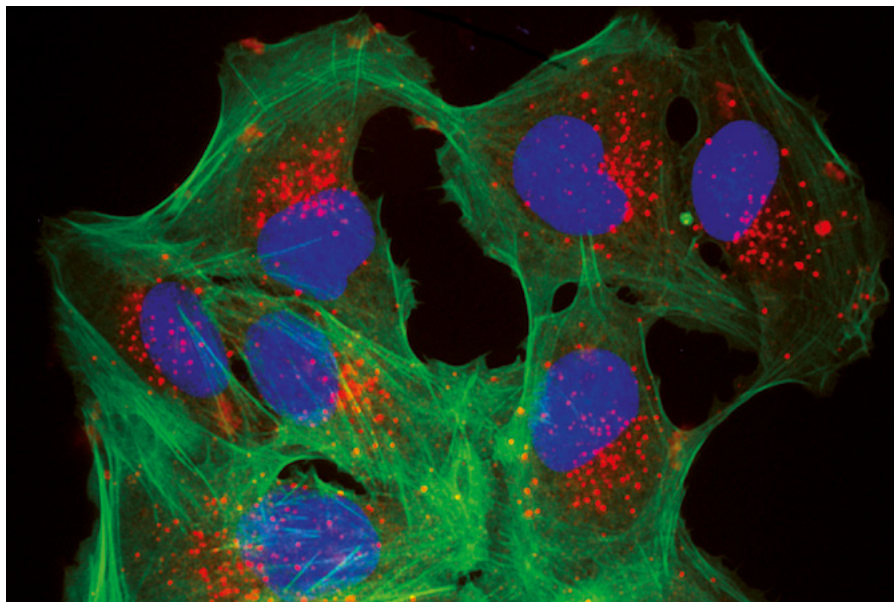
Až na úplné výjimky (jako třeba červené krvinky, které vlastně nejsou opravdickými buňkami) mají všechny buňky jakožto základní jednotky života mnoho společného. Uchovávají svou genetickou informaci v nukleových kyselinách, syntetizují bílkoviny, mnoho klíčových metabolických dějů se odehrává na jejich membránách, ukládají energii do chemických vazeb sloučeniny ATP. Základní společné vlastnosti, které buňky spojují, také ulehčují práci výzkumníkům zabývajícím se buněčnou biologií. Objev uskutečněný na jednom buněčném typu bude s menšími obměnami pravděpodobně platný i u buněk úplně jiných tkání, ba i jiných organismů. To umožňuje používat pro mnoho výzkumných projektů nesmrtelné buněčné linie pěstované v laboratořích na Petriho miskách, místo abychom museli vždy provádět pokusy na laboratorních myších, potkanech a jiných modelových organismech.

NESMRTELNÁ HELA

První lidská nesmrtelná buněčná linie úspěšně roste v laboratorních podmínkách už od roku 1951. Byla založena

z tkáně odebrané pacientce z nádoru děložního hrdla v severoamerickém Baltimoru. Dnes tuto buněčnou linii najdeme ve výzkumných ústavech celého světa pod označením HeLa. Na rozdíl od zdravých buněk či buněk odebraných jiným pacientům, které za tehdejších podmínek v laboratoři rychle odumíraly, HeLa buňky prosperovaly a množily se ohromující rychlostí – při dobré péči se každé dva až tři dny jejich počet zdvojnásobil. Počet HeLa buněk v laboratořích tedy brzy převýšil počet buněk těla pacientky, od níž původně pocházely.

Odolnost a rychlé dělení buněk nádoru sice předznamenalo špatnou prognózu pacientky, zároveň však byly tyto vlastnosti výhodné pro vědecké pokusy. Buňky obratem našly uplatnění v medicínském výzkumu. Hned v padesátých letech minulého století se ohromující množství HeLa buněk spotřebovalo při výrobě vakcíny proti dětské obrně. Dnes v laboratořích dokážeme pěstovat mnoho nesmrtelných buněčných linií nejen lidského či myšího původu – v plastových lahvích a na Petriho miskách nám



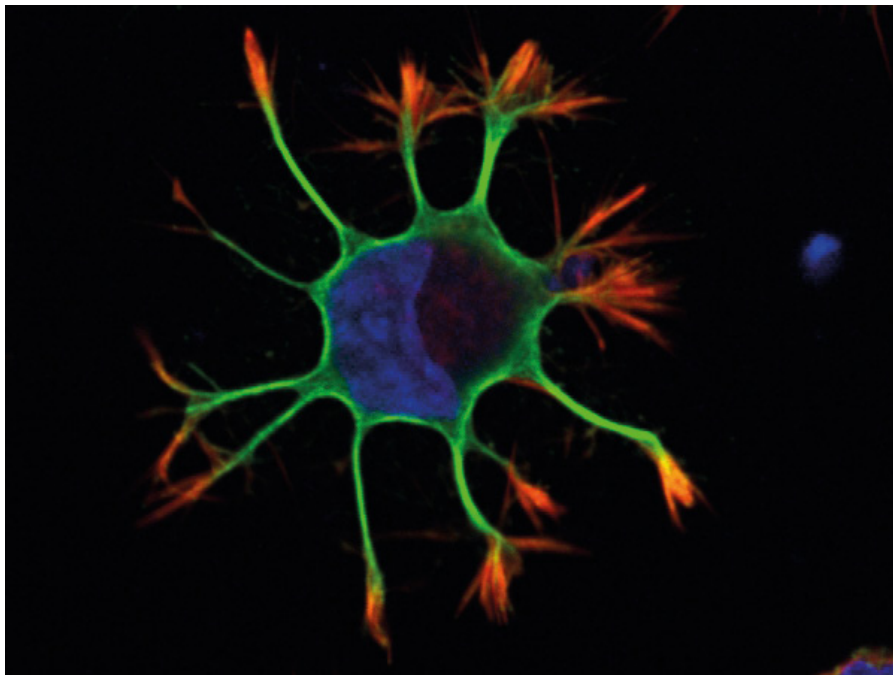
► **Lidský neuron na začátku diferenciaci (červeně aktinová vlákna, zeleně mikrotubuly, modře DNA v jádře).** Foto Štěpánka Martišková

rostou buňky jelínka muntzaka, slepice, žáby drápatky, některých ryb, mušky octomilky a mnoha dalších mnohobuněčných zvířat, o rostlinných buňkách ani nemluvě. HeLa buňky však nadále zůstávají široce používaným buněčným modelem.

BUNĚČNÁ RŮZNORODOST

Přes doposud zdůrazňované podobnosti všech živých buněk je zcela zřejmé, že ve skutečnosti vůbec nejsou stejné. Nejenže se již na první pohled liší mnohé buňky pocházející z různých organismů, ale i přímo v našem těle nalezneme celou zoologickou zahradu buněk roztodivných tvarů, velikostí a funkcí. Ne nadarmo histologické atlasy uvádějí, že dle různých kritérií lze v lidském těle rozlišit přes 200 buněčných typů, a při detailní analýze se přehoupneme dokonce přes 400 popsaných variant, které se např. ve velikosti mohou lišit o několik řádů.

Rozdíly jsou ještě výraznější, pokud se zaměříme na objem našich buněk. Mezi rekordmany této kategorie nalezneme na obou stranách stupnice pohlavní buňky. Ty nejmenší jsou pochopitelně spermie, které musí být dostatečně pohyblivé a u lidí si vystačí s objemem kolem $30\ \mu\text{m}^3$. Naopak mezi nejmohutnější lidské buňky se díky nutnosti skladovat alespoň nějaké zásobní látky pro budoucí embryo kvalifikovaly ženské pohlavní buňky – oocyty. Mohou být až 30 000krát objemnější než spermie. Buňky považované za velikostně průměrné se pohybují v rozmezí $1\ 500\text{--}3\ 000\ \mu\text{m}^3$. Radíme sem třeba buňky střevního epitelu nebo fibroblasty a do střední kategorie objemu by se vešly také výše zmíněné HeLa buňky.



Kupodivu i buňky, které se svým objemem nijak významně neliší od průměru, mohou patřit k velikostním rekordmanům. Motoneuron řídící pohyby našich nohou dokáže vyrůst do nepředstavitelné délky jednoho metru, a to navzdory tomu, že jeho celkový objem nijak výrazně nevybočuje z průměru. Ohromující délky však samozřejmě dosahuje jen uzoučký výběžek nervové buňky, tzv. axon, zatímco tělo neuronu má standardní, spíše podprůměrnou velikost. Umíte si představit, jak náročná je doprava váčku či mitochondrie z oblasti kolem jádra buňky až na konec axonálního výběžku? Kolik času a energie ve formě ATP se na takovou dalekou cestu spotřebuje? A to není nic proti dlouhým výběžkům nervových buněk plejtváka obrovského.

TRPASLÍCI A OBŘI

Příklady buněk lidského těla nejsou v rámci eukaryotických buněk nikterak extrémní. Nejmenší doposud známá jednobuněčná zelená řasa rodu *Ostreococcus* bývá právem označována za

součást pikoplanktonu, protože objem jejích buněk dosahuje sotva $2\ \mu\text{m}^3$. Někteří zástupci bakterií a archeí pak dokážou být velikostně a objemově ještě úspornější. Také mezi buněčnými obry najdeme celou řadu zajímavých příkladů. Kromě obvykle uváděných objemných vajíček obojživelníků, případně žloutků ptačích vajec, se můžeme obrátit i mezi zelené řasy. Lazucha tisolistá (*Caulerpa taxifolia*) může dorůstat desítek centimetrů, zdánlivě má stélku rozlišenou na fyloidy (lístky) a rhizoidy (kořínky), ale ve skutečnosti je tato invazivní řasa mnohojaderným jednobuněčným organismem.

Přítomnost mnoha jader v rámci jedné buňky může ovšem někomu při hledání gigantických buněk připadat jako určité podvádění. Pokud bychom chtěli očima pozorovat opravdu jednojadernou buňku, lze doporučit další zelenou řasu rodu *Acetabularia*, která snadno dosáhne velikosti 5 až 6 cm, má rhizoidy, stonek a roztomilý „deštníček“, ale pouze jedno jádro na rozhraní



◀ **Buňka nebo celý organismus?**
Měňavka je příkladem jednobuněčného organismu, který si vystačí úplně sám.
Foto Shutterstock.com

V extrémních případech velmi malých a velkých buněk pak škálování velikosti organel přestane platit. Žabí oocyt, který pohodlně vidíme okem, se po oplození sice rozdělí, ale dělicí vřeténko, které umožňuje rozchod chromozomů do dvou vznikajících blastomer, svou délkou objemu oplozeného vajíčka proporčně neodpovídá. Místo toho je dlouhé pouhých 60 μm . Velikosti buněk se vřeténko začne přizpůsobovat teprve ve chvíli, kdy ve vznikajícím embryu klesne průměr buňky pod 100 μm čili více než desetkrát oproti oplozenému vajíčku.

Buněčným biologům tedy ještě rozhodně zůstává mnoho nejasností k rozřešení. Třeba si na krásu i záhady buněčné biologie vzpomenete, až budete v neděli k snídani pojídat slepičí žloutek. ●

AUTORKA VEDE SKUPINU ZABÝVAJÍCÍ SE CYTOSKELETEM
 NA KATEDŘE BUNĚČNÉ BIOLOGIE

rhizoidu a stonku. U takto velké buňky je možné dokonce dělat mezibuněčné transplantace, kdy se „deštníček“ uřízne a přenese na stonku buňky jiného druhu. Na přelomu třicátých a čtyřicátých let minulého století, tedy ještě před objevem molekul DNA a RNA, ukázaly právě takové transplantační přenosy mezi dvěma druhy rodu *Acetabularia* na význam jádra pro celkovou morfologii buňky.

DYNAMICKÝ SYSTÉM

Pestrá paleta buněčných typů a tvarů základní jednotky života přináší mnoho otázek. Jak je možné, že útvary s řádovými rozdíly v celkovém objemu a s rozličnými poměry povrchu a objemu dokážou fungovat na podobných principech, udržují navzájem souměřitelné vnitřní podmínky, třeba cytoplazmatické pH, celkovou koncentraci bílkovin, důležitých iontů, ATP atd.? Jakým způsobem buňky kontrolují svou velikost, balancují množství organel

a jejich rozložení v buňce? Odpovědi známe jen částečně. Řada buněk udržuje určitý poměr objemu jádra a cytoplazmy (nukleocytoplazmatický poměr) a zvětšování organel v buňce je limitováno zdroji, které jim poskytuje cytoplazma. Buňka je však velmi dynamickým systémem, organely vznikají a zanikají, aniž bychom přesně rozuměli řídicím mechanismům.



► **„Houbičky“ na snímku jsou obří jednobuněčné zelené řasy rodu *Acetabularia*.** *Foto Shutterstock.com*

Molekulární řeč, která formuje život

Jak mezibuněčná komunikace pomáhá definovat vývoj jedince

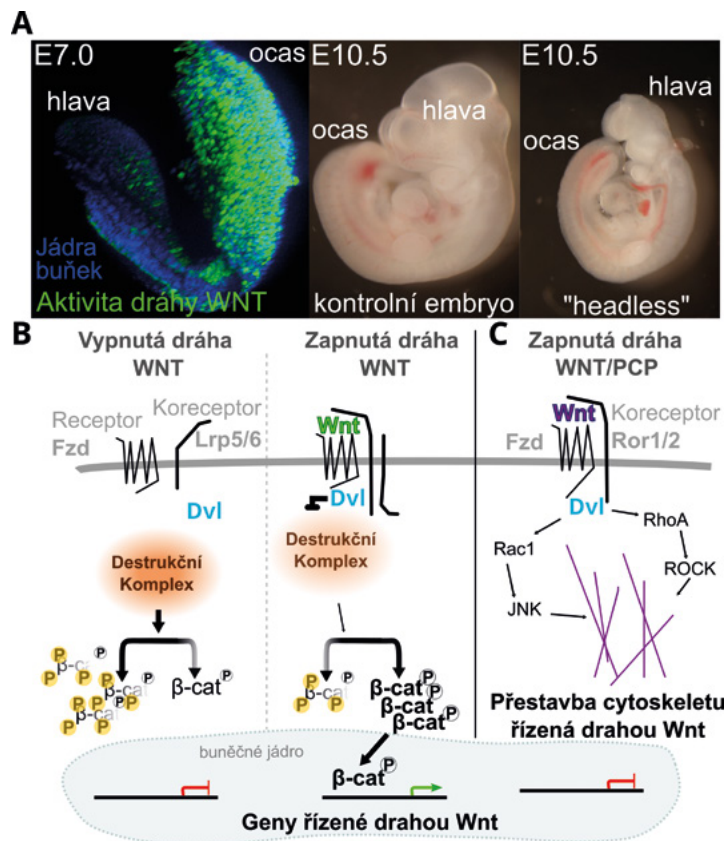
JAN MAŠEK

Zásadní podmínka fungování buněčných systémů, společná pro nejranější mnohobuněčné organismy i lidské tělo, je schopnost vzájemné komunikace mezi buňkami. Bez mezibuněčné komunikace by vývoj, růst ani běžná údržba těla nebyly možné. Jak ale miniaturní buňky bez úst nebo uší komunikují? Používají biochemické signální kaskády – složité systémy molekulárních zpráv, které spolu s fyzikálními silami a organizační DNA formují z jediné oplozené buňky dospělé rozmanité tvary.

Buňky si „povídají“ prostřednictvím přímého kontaktu, vylučovaných molekul, nebo dokonce drobných váčků nesoucích molekulární zprávy. Tyto signály pomáhají při rozhodování o růstu, specializaci živočišných i rostlinných buněk a jejich reakcích na okolní prostředí. Složitost těchto sítí směle soupeří s nejpokročilejšími komunikačními systémy vytvořenými člověkem.

MOLEKULÁRNÍ ARCHITEKTI TVARU TĚLA

Jednou z nejvíce fascinujících rolí mezibuněčné komunikace je regulace embryonálního vývoje. Buňky využívají signální molekuly zvané morfogeny, aby vytvořily tělo s kýženým tvarem



▲ **Signální dráha WNT.** (A) Boční pohled na různá vývojová stadia myšího embrya. Zelené buňky mají aktivovanou dráhou Wnt/β – katenin. Kontrolní a „bezhlavé“ embryo, u kterého byla dráha Wnt/β-katenin aktivovaná i v hlavové části embrya. (B,C) Zjednodušené schéma kaskády Wnt/β-katenin – bez (B, vlevo) a v přítomnosti morfogenu Wnt (B, vpravo) a WNT/PCP (planar cell polarity) ovlivňující cytoskelet.; E – den embryonálního vývoje (u myši ~20dní). Autor Mašek et al., 2016

ustanovení předozadní tělní osy jsou proteiny Wnt.

Proteiny Wnt se šíří z ocasní části těla a jsou zásadní pro zajištění správné polarizace těla jak u prvoústých (bezobratlých, jako jsou např. členovci, plži a mlži), tak u druhoústých (např. obratlovců, včetně lidí). Pokud je v prostředí hojnost proteinů Wnt, aktivuje se dostatek receptorů, které předají impuls z povrchu buňky do cytoplazmy. To vede k nahromadění bílkoviny β-katenin, která v buněčném jádře umožní expresi genů nezbytných pro buněčné typy tkání zadní části těla. Ačkoli se detaily komunikace mezi druhy liší, je Wnt signalizace univerzálním nástrojem pro formování tělního plánu. Důležitost správného načasování rozsahu a míry „instrukce Wnt“ ilustruje např. ztráta hlavy způsobená její přílišnou aktivitou – tzv. headless fenotyp (Mašek et al., 2016).

a zajistily, že tkáň a orgány vzniknou tam, kde mají. Časté je vzájemné působení více gradientů najednou, tak aby z jejich překryvů vznikly různé tělní zóny. Typickými morfogeny klíčovými pro vznik ocasní části těla při

BUNĚČNÁ SPECIALIZACE

Buňky nepotřebují pouze instrukce o tom, kam jít – potřebují také vědět, čím se mají stát. Klíčovým hráčem v tomto procesu je signální dráha Notch, která zajišťuje, že se některé

buňky funkčně specializují, zatímco jiné nikoliv. To je obzvláště důležité při vývoji mozku, kde Notch rozhoduje, jak dlouho zůstanou aktivně se dělící kmenové buňky mozku „nespecializované“ a kdy se vyvinou v neurony, které se už dál nedělí. Studie ukazují, že příliš malá aktivita Notch signalizace zrychluje dospívání kmenových buněk a vede k předčasnému vyčerpání jejich zásoby, které má za následek mikrocefalii (menší velikost mozku). Naopak nadměrná aktivita dráhy Notch může mít za následek megalocefalii (abnormálně velký mozek). Zajímavé je, že tento mechanismus zřejmě během evoluce hominidů ke zvětšování mozku našich prapředků (Fiddes et al., 2018, Suzuki et al., 2018).

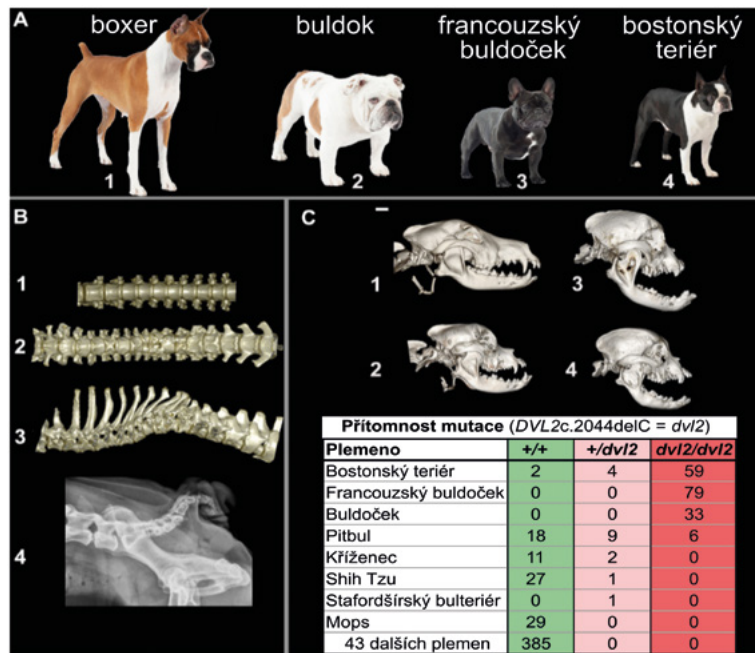
GENY NEJSOU VŠE

Signální dráhy působí nejen pomocí zapínání a vypínání genové exprese – ovlivňují také vnitřní architekturu buňky, určující její tvar. Jedním z výrazných příkladů je opět signální dráha Wnt, která může změnou „slovníku“ (molekul, které předávají signál uvnitř buňky) vyvolat značně odlišnou odpověď v cílové buňce. Takzvaná kaskáda Wnt/B-katenin, která má na starosti výše zmiňovanou tělní osu, reguluje expresi genů, rozhoduje o specializaci buněk a řídí rychlost dělení. Naproti tomu dráha Wnt/PCP přestavuje buněčný cytoskelet, čímž mění tvar a směr pohybu buněk, a to způsobem, který se rozšiřuje i na jejich

sousedy (trochu jako se šíří mexická vlna na stadionu). To je zásadní např. pro tvarování neurální trubice, která se později stává míchou, nebo pro prodlužování některých kostí.

JEDNA BÍLKOVINA, VÍCE ROLÍ

Stejně jako v řeči má mnoho slov více významů, tak i mnoho proteinů má více funkcí. Skvělým příkladem je Dishevelled (DVL), klíčový hráč jak kaskády Wnt/B-katenin, tak i dráhy Wnt/PCP. V rámci první kaskády je nezbytný pro její aktivaci, a pomáhá tak vzniku dolní poloviny těla, v rámci druhé je klíčový pro správný růst kostí. Mutace v DVL, které ovlivňují jeho aktivitu v dráze Wnt/PCP, proto vedou k Robinowovu syndromu, vývojové poruše, charakterizované kostními abnormalitami. To, co je u člověka vnímáno jako porucha, je ceněno u šlech-



▲ Mutace v proteinu Dishevelled (Dvl) u člověka způsobuje Robinowův syndrom, ve šlechtitelství psů byla využita ke vzniku plemen buldoček, francouzský buldoček a bostonský teriér (A). Deformace páteře (B) a lebky (C, nahoře) v důsledku mutace genu Dvl2 (C, dole). Mansour et al., 2018, upraveno se svolením autorů.

titelů buldoků a bostonských teriérů, kteří mají takřka bez výjimky mutaci v genu DVL2, jež může za jejich krátký čenich a podsaditou stavbu těla (Mansour et al., 2018). To ukazuje, jak může mít jeden protein v závislosti na molekulárním kontextu, ve kterém je použit, více na první pohled nesouvisajících funkcí. Duální funkci proteinů z dráhy Notch a způsob, jak buňky řeší, když jich „mluví“ vícero najednou přes sebe, zkoumáme u nás v laboratoři na PŘF UK. Více se můžete dozvědět na našich stránkách (načtete QR kód).

Bez mezibuněčné komunikace by nebyl možný komplexní

mnohobuněčný život. Ať už jde o tvorbu tělních os, funkční specializaci buněk, nebo řízení jejich pohybu, tyto molekulární rozhovory zajišťují správný vývoj a funkci organismu. Buněčné neporozumění si (například vlivem mutací) často vede k vývojovým poruchám či rakovině. Takže až se příště podíváte do zrcadla, zamyslete se nad tím, že před ním stojíte jen díky tomu, že vaše buňky dokázaly najít společnou řeč! ●

AUTOR VEDE SKUPINU MEZIBUNĚČNÁ KOMUNIKACE
NA KATEDŘE BUNĚČNÉ BIOLOGIE



Fascinující rostlinný cytoskelet

Stěny rostlinných buněk jsou víc než jen rozhraním dvou prostředí

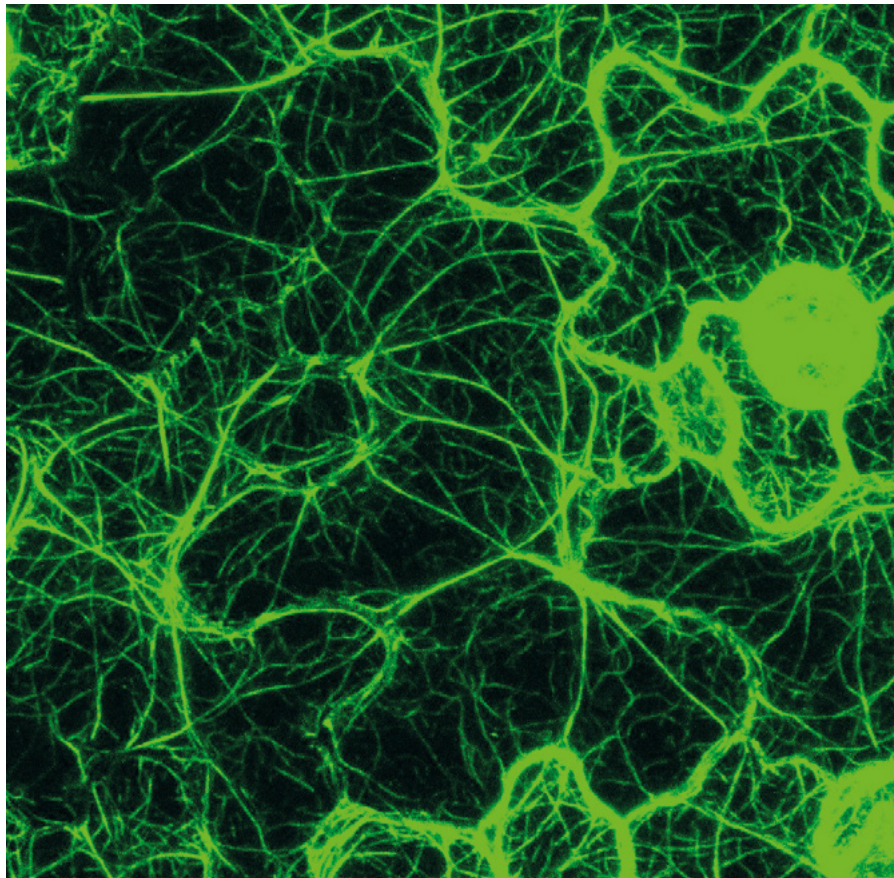
KATEŘINA SCHWARZEROVÁ

Jak asi čtenáři vědí, na rostlinách závisí většina současných ekosystémů naší planety. Rostliny využívají energii z nejčistšího a nejstabilnějšího zdroje, slunečního záření, aby anorganický nízkoeenergetický uhlík (CO_2) přetvářely ve vysokoenergetické uhlovodíky. Většina energie, kterou rostliny takto získají a uloží, se nachází v buněčných stěnách ve formě polysacharidů, jako je celulóza.

Rostliny samozřejmě buněčné stěny nevytvářejí kvůli tomu, aby pro ostatní obyvatele planety Země ukládaly energii. Buněčné stěny mají zásadní význam v konstrukci rostlinných mnohobuněčných organismů a jsou hlavním důvodem, proč se zjevem i životní strategií od ostatních mnohobuněčných organismů zásadně liší. Velice důležitou roli zde hraje cytoskelet – proteinová struktura, která se nachází ve všech eukaryotických buňkách. Skládá se z mikrotubulů a aktinových filamentů, jež společně tvoří trojrozměrnou síť spojenou s mnoha buněčnými procesy. V případě rostlin má ovšem řadu zajímavých specifik, která přitahují pozornost vědců.

INOVACE ZE SVĚTA ROSTLIN

Aktinové filameny a mikrotubuly rostlinného cytoskeletu vznikají stejně jako v případě jiných eukaryotických buněk polymerací z podjednotek aktinu a tubulinu. Podjednotky i samotné polymerní struktury jsou totiž nesmírně konzervované napříč organismy jak na úrovni sekvenční, tak i strukturní. Proto je z hlediska fungování cytoskeletu i z hlediska evolučního velice důležité pochopit, jaké novinky do tohoto jinak dost stabilizovaného světa vnesly rostliny.



▲ Struktura aktinu v buňkách pokožky děložního lístku *Arabidopsis thaliana*. Buňky exprimují zelený fluorescenční protein (GFP), který je spojený s fragmentem dalšího proteinu, který se na polymery aktinu váže. 3D rekonstrukce, konfokální mikroskop.

Foto Kateřina Schwarzerová

Jejich hlavní specialitou je nepochybně organizace cytoskeletu. Během interfáze (v období mezi dvěma děleními buňky) vznikají v rostlinných buňkách těsně u plazmatické membrány paralelně uspořádaná vlákna, tzv. kortikální mikrotubuly. Primární rolí těchto mikrotubulů je usměrňování pohybu molekulárních továren na syntézu celulózy, kterými jsou celulóza syntázového

proteinového komplexu v plazmatické membráně. Tato role je také pravděpodobně hlavním důvodem, proč se pro rostliny stal nepotřebným mechanismus centrální regulace mikrotubulů pomocí centrozomů.

NEUSTÁLÝ POHYB

Společnou prací dynamických a stále se přestavujících kortikálních mikro-

tubulů a celulóza syntáz je do buněčné stěny kontrolovaně ukládána celulóza, základní komponenta zodpovědná za pevnost buněčných stěn. Mechanismus přestavby mikrotubulů, který musí umět rychle odpovědět na někdy i jen lokální potřeby rostoucích buněk, je fascinující proces, závisející na celé řadě proteinů, které musely rostliny pro tento účel vyvinout zcela nově.

Protože cytoplazma expandujících buněk je velkou centrální vakuolou často „zatlačena“ do tenké vrstvy pod plazmatickou membránou, máme mnohé tamní procesy při pozorování v konfokálním mikroskopu tak říkajíc jako na dlani. Díky pokročilým technologiím lze detekovat dynamickou přestavbu mikrotubulů, ale i dynamiku aktinového cytoskeletu, která je mnohonásobně větší než u mikrotubulů. Zatímco mikrotubuly polymerují rychlostí cca 0,2–0,4 $\mu\text{m/s}$, polymerace aktinu dosahuje v rostlinách rychlosti až 2 $\mu\text{m/s}$.

STÁLE NOVÉ OTÁZKY

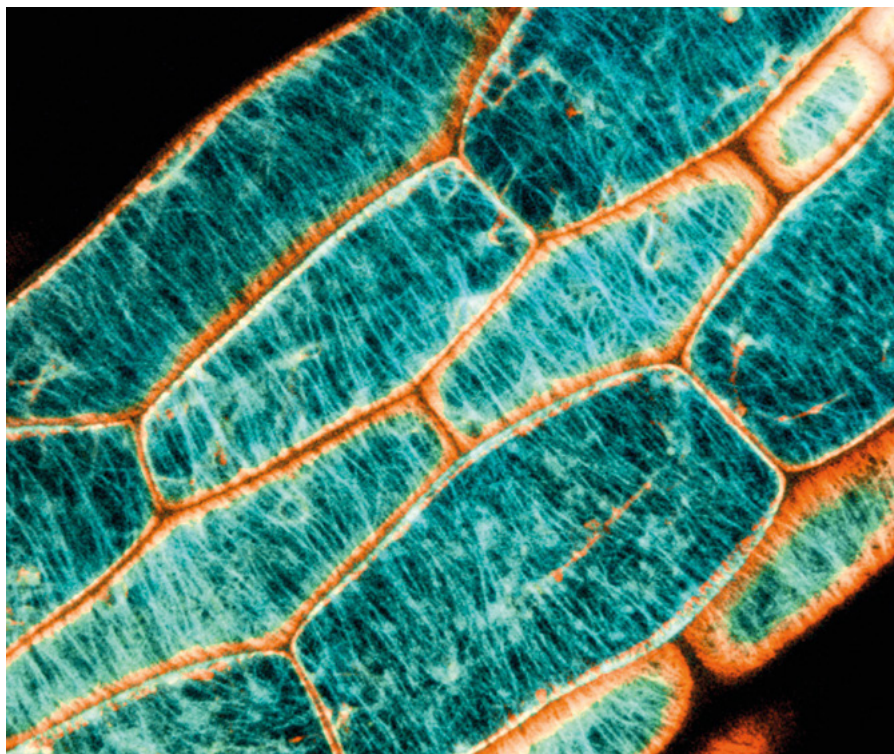
Při trochu bližším pohledu do kortikální cytoplazmy ovšem vyvstává celá řada otázek, na které se vědci, mezi nimi i pracovníci katedry experimentální biologie rostlin PŘF UK (KEBR), snaží najít odpověď: Co určuje, kde bude cytoskelet polymerovat a jak rychle? Jak bude výsledná 3D síť vypadat a proč je vlastně nutná neustálá dynamická přestavba polymerů? Je pravděpodobné, že při hledání odpovědí čekají na vědce vzrušující objevy. Vždyť minimálně v případě aktinové dynamiky je díky pokročilým detektorům na nejlepších mikroskopech zřejmé, že ještě zdaleka nejsou schopni vidět vše, co se v rostlinách odehrává, a mnohé zůstává kvůli rychlosti procesů na úrovni jednotlivých molekul utajeno.

V posledních letech sice byl díky novým technologiím učiněn zásadní pokrok v porozumění struktuře a funkci buněč-

ných stěn a roli cytoskeletu, mnohé aspekty mechanické pevnosti, flexibility, chemického složení a schopnosti modulate buněčných stěn jsou však nadále záhadou. Vědci například stále zkoumají, jaké další cytoskeletální funkce kromě kortikálních mikrotubulů se podílejí na stavbě buněčných stěn, kompozitních polysacharidových struktur tak charakteristických pro rostliny. V řadě výzkumů příliš nepomáhají ani znalosti z jiných organismů, protože rostliny si to zkrátka dělají po svém. Překvapivým zjištěním tak například bylo, že mechanismus nukleace aktinu, tedy mechanismus výstavby polymerů de novo z monomerů, který využívá konzervovaný proteinový komplex Arp2/3, se v rostlinných buňkách unikátně podílí na recyklaci organel zvaných peroxizomy.

Pokud někdy budete (a my doufáme, že ano) v budově ve Viničné 5, kde KEBR sídlí, stát v chodbě, která má velmi podobný tvar jako pokožková buňka hypokotylu *Arabidopsis*, našeho modelového organismu, můžete si zkusit představit, jak mikrotubuly o průměru obvyčejného brčka pomáhají na plazmatické membráně pomocí celulóza syntáz o průměru obvyčejné tužky budovat buněčnou stěnu, která by obalila celou buňku-chodbu a v tomto měřítku by pak měla tloušťku ne více než 18 cm! A že jen takto tenký polysacharidový matrix dokáže buňce poskytnout dostatečnou pevnost a flexibilitu pro další růst. Alespoň tak jsme to spočítali se studenty našich praktik. ●

AUTORKA VEDE SKUPINU CYTOSKELET NA KATEDŘE
EXPERIMENTÁLNÍ BIOLOGIE ROSTLIN



▲ Paralelně uspořádané mikrotubuly v buňkách hypokotylu rostlin *A. thaliana* vidíme díky expresi tubulinu se značkou GFP Barvy této 3D rekonstrukce snímků konfokálního mikroskopu ukazují různou hloubku snímku – modrá značí vyšší vrstvy, oranžová hlubší. Foto Jan Martinek

Lekce z buněčné archeologie

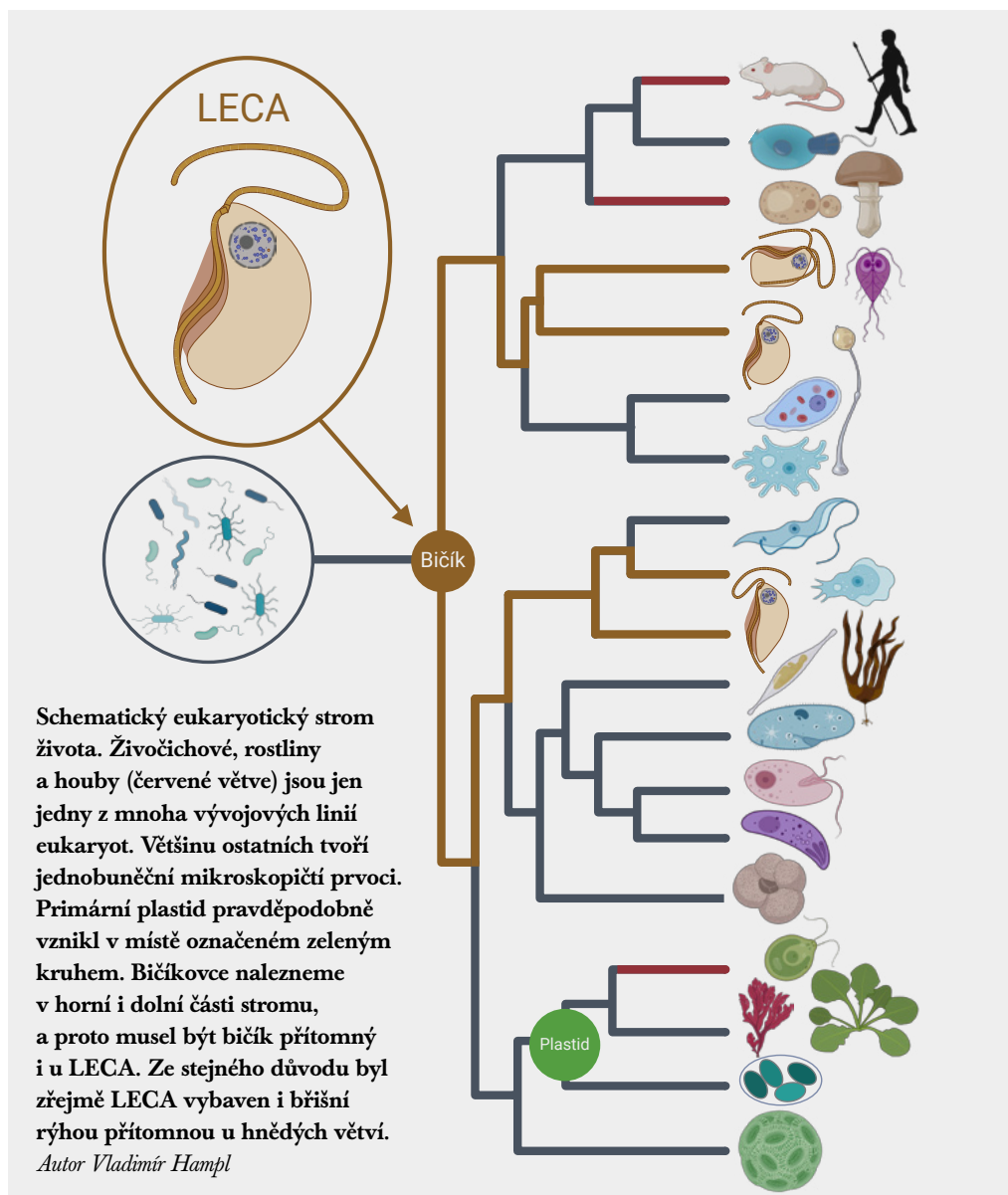
Rekonstrukce společného předka všech eukaryot

VLADIMÍR HAMPL

Předmětem zkoumání buněčné biologie je několik základních modelů, jako jsou savčí buňky, rostlinné buňky a kvasinky. Rozdíly mezi nimi vznikly díky miliardám let samostatné evoluce. V přírodě ovšem najdeme desítky dalších podobně evolučně vzdálených linií, přičemž většina z nich nevytváří mnohobuněčná ani makroskopická stadia. Jedná se o prvky. Jejich výzkum bude asi vždy upozaděný, pokud se náhodou nejedná o původce významných onemocnění (malárie nebo plísňě bramborové) nebo o organismy biotechnologicky významné, jako je třeba *Chlorella*. Díky studiu prvků se přitom podařilo objevit telomery na koncích chromozomů, molekulární motory pohyblivé bičíkem, schopnost buňky upravovat informaci v mRNA (RNA editing) a různá nečekaná evoluční řešení – buňky bez mitochondrií, buněčná jádra bez histonů či komorové „oko“ u jednobuněčného organismu.

JAK NA GENEALOGII EUKARYOT

Výzkum prvků rovněž umožňuje odhadnout, jak vypadal a fungoval prapředek celé eukaryotické rozmanitosti. K tomu jsou ovšem nezbytné tři typy informací. Zaprvé je třeba vědět, jak jsou eukaryotické skupiny vzájemně příbuzné, tedy jaký tvar má eukaryotický strom života. Na tomto stromu je zadržené nutné identifikovat začátek. No a konečně se musí na dostatečném množství větví a větviček organismy co nejpodrobněji prozkoumat, tedy nashromáždit data o jejich vzhledu, struktuře, biochemii, molekulární genetice, genomech a podobně. Díky pokrokům v metodách molekulární biologie a DNA sekvenace, statistických metodách umožňujících rekonstruovat stromy a v neposlední



řadě díky usilovné práci mnoha protistologů se věda zřejmě dostala do bodu, kdy již má těchto informací dostatek a může se do rekonstrukce eukaryotického prapředka pustit.

HLEDÁ SE PRAPŘEDEK

Na prvním obrázku je zjednodušený hypotetický strom eukaryotického života, který je založený na srovnávání sekvencí stovek genů. Dostupné statistické

nástroje napovídají, že jeho tvar je dostatečně věrohodný. Předpoklad je, že se eukaryota vyvinula z prokaryot, a tak je možné za jeho začátek považovat bod, ve kterém se eukaryotická a prokaryotická část stromu života spojují. Určit polohu začátku je obtížnější úkol než rekonstrukce tvaru stromu samotného. Jedná se totiž o velmi hluboký bod a dnešní prokaryota jsou od dnešních eukaryot tak vzdálena, že přesně narážovat jejich spojnicí na základě porovnávání sekvencí je pro dostupné statistické metody obtížné.

Přesto se několik nedávných studií na jeho poloze shoduje. Pro tento začátek eukaryotického stromu se vžilo anglické označení „last eukaryotic common ancestor“ (LECA). Z názvu plyne, že jde o poslední organismus, který byl předkem všech dnes známých eukaryot. Každý z jeho potomků dal v horní nebo dolní části stromu vznik už jen části z nich a jeho předkové byli sice předky

všech eukaryot, ale ne posledními, tím byl až LECA. Za povšimnutí stojí, že název nestanovuje, že se jedná o první eukaryotický organismus. Téměř jistě tomu tak není, protože to byl potomek dlouhého eukaryotického pokolení znázorněného jako stonek v našem stromu. Tento LECA je přesně tím eukaryotickým prapředkem, jehož vzhled a vlastnosti se pokusíme zrekonstruovat myšlenkovým experimentem.

SPOLEČNÉ ZNAKY

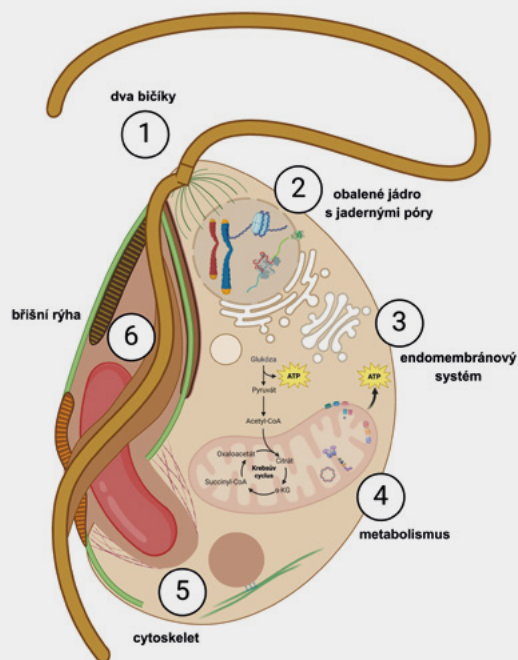
Ke slovu při něm přijde princip parsimonie neboli Ockhamovy břitvy, který lze pro tento případ upravit do následujícího pravidla: Složitě struktury a funkce vznikly v evoluci jen jednou, a proto musely být přítomny u společného předka všech organismů, které je nesou. Podívejme se na příklady na zmíněném obrázku. Bičíky všech eukaryot jsou strukturně do detailu velice podobné, obsahují devět obvodových a jeden centrální pár mikrotubulů, dyneinová

raménka atd. Je velmi nepravděpodobné, že by tak podobné struktury vznikly opakovaně, a proto předpokládáme, že bičík vznikl jednou, a musel tedy být přítomen u společného předka všech bičíkovců. Tím byl náš LECA. Těch několik případů eukaryot bez bičíků (většina hub, ruduchy) lze vysvětlit jeho ztrátou. Naopak primární plastid obalený dvěma membránami se vyskytuje jen u několika skupin v dolní části stromu, a proto není nezbytné předpokládat přítomnost plastidu u LECA a jeho vznik bude nejspíš mladšího data. Podobně je možné uvažovat u dalších znaků a funkcí, a lze tak postupovat dokonce i u jednotlivých genů v genomech. Zde je však nutno počítat s určitou pravděpodobností, že gen přeskočil horizontálně mezi nepříbuznými současníky.

JAK VYPADAL?

Pravděpodobný portrét LECA vzniklý z těchto úvah je shrnut na druhém obrázku. Ne náhodou má formu dvojbičíkovce s břišní rýhou, kterou používá k fagocytóze prokaryot. Tento tzv. exkavátní morfotyp se totiž vyskytuje v horní i dolní části stromu a složitost stavby břišní rýhy je srovnatelná s bičíkem. Je pozoruhodné, že břišní rýha je podložena cytoskeletálními útvary, které se vyznačují různými vrstvami a žiháním a které u klasických buněčnobiologických modelů vůbec nenacházíme. Nejspíš budou tvořeny neznámými, „prastarými“ cytoskeletálními proteiny. Jejich odhalování se věnujeme v naší Protistologické laboratoři, kde se učíme buněčné biologii na buňkách, jež si vzhled LECA zachovaly až do dnešních dnů. Hlubavý čtenář se asi pozastavil nad tím, že LECA byla velmi složitá eukaryotická buňka podobná dnešním, a klade si otázku, jak vůbec vznikla. O tom zase někdy jindy. ●

AUTOR VEDE PROTISTOLOGICKOU LABORATOŘ
NA KATEDŘE PARAZITOLOGIE



Pravděpodobný portrét posledního předka všech eukaryot (LECA). Tato buňka byla pravděpodobně vybavena dvěma bičíky (1). Jádro (2) kódovalo něco mezi 7–20 tis. geny. DNA byla uspořádána do lineárních chromozomů opatřených telomerami na koncích. Endomembránový systém (3) sestával s ER, Golgi, endosomálních a lysosomálních měchýřků a microbodies jako jsou peroxisomy. Páteř energetického metabolismu (4) představovala glykolýza a mitochondrie s kristami a dýchacím řetězcem, ale nelze vyloučit ani přítomnost enzymů pro anaerobní metabolismus. Cytoskelet (5) založený na aktinu, tubulinu, motorech a asociovaných proteinech umožňoval fagocytózu. Ta probíhala v břišní rýze (6) již procházel zpětný bičík vybavený ploutvičkami. *Autor Vladimír Hampl*



Bez jádra i organel

Červené krvinky jsou dokonalými „stroji“ pro transport kyslíku

JAN ČERNÝ

Ačkoliv jsou erytrocyty, červené krvinky, často řazeny mezi buňky, přesně vzato by tak nazývány být neměly – neobsahují totiž jádro ani organely, a nejsou tedy živé. Jak čtenáři jistě vědí, je jejich hlavní funkcí transport kyslíku a částečně oxidu uhličitého krevním řečištěm z plic do tkání. A jsou zdaleka nejvíc zastoupeným „buněčným“ typem našeho těla – tvoří více než 80 % všech buněk (20–30 bilionů; 40–45 % objemu krve).

Erytrocyty patří mezi „genderově nekorektní“ buněčné typy – muži totiž mají v mikrolitru krve cca 5–6 milionů erytrocytů a ženy pak 4,5 milionu. Ač nejsou schopné obnovovat své proteiny, je „životnost“ erytrocytů v krvi poměrně

dlouhá, cca 100–120 dní. Charakteristickou vlastností savčích erytrocytů je vysoká koncentrace (33 %) hemoglobinu v cytoplazmě (až 300 milionů molekul na jednu buňku). Díky tomu je v erytrocytech uloženo 2,5 gramu železa, tedy přibližně 65 % celkového množství Fe v těle.

VZNIK A VÝVOJ

Červené krvinky vznikají erytropoézou z retikuloblastu a retikulocyty (původně z hematopoetické krevní buňky v kostní dřeni), přičemž každou sekundu jich vzniká cca 2,5 milionu. Erytropoéza (diferenciace do zralé červené krvinky) trvá u člověka cca 7 dní. Buňka, která opouští kostní dřeň, se označuje jako retikulocyt. Ten obsahuje ještě zbytky

organel a tvoří zhruba 1 % cirkulujících červených krvinek. Mechanismus ztráty jádra (enukleace) je modifikované buněčné dělení, při němž vzniká tzv. pyrenocyt (membránový váček obsahující jádro a některé vytříděné proteiny a organely) a bezjaderný retikulocyt. Ztráta organel probíhá v několika krocích na úrovni erytroblastu (makroautofágie) a retikulocyty (mikroautofágie a exocytóza vnitřních váčků). Významnou roli hrají při diferenciaci červených krvinek makrofágy, které fagocytují (pohlcují) pyrenocyty.

Typická lidská krvinka je bikonkávní disk s průměrem 6,2–8,2 μm a tloušťkou v nejširším místě 2–2,5 μm a v nejužším

◀ **Životní styl příslušníků kmene Bajau (tzv. mořských nomádů) vedl k výraznému zvětšení jejich sleziny. Pod vodou tak mohou trávit dlouhé minuty.** Foto Shutterstock.com

0,8–1 μm . Vzhledem k absenci mitochondrií nevyužívají erytrocyty žádný kyslík, který přenášejí. Místo toho získávají energii glykolýzou s odpadním produktem laktátem. Vzhledem k absenci jádra, syntézy RNA i proteosyntézy se nedokážou dělit a jejich metabolický obrát na úrovni proteinů je zastaven. Výhodou je, že nemohou být infikovány žádnými viry!

ZVLÁŠTNOSTI A NEMOCI

Červené krvinky různých druhů obratlovců mají rozdílné tvary a velikosti a kromě savců je jejich součástí jádro (s výjimkou mloků rodu *Batrachoseps* a ryb rodu *Mauroliscus*). Jedinými obratlovci bez erytrocytů jsou ryby čeledi *Channichthyidae* (white-blooded fish), žijící ve studené kyslíkem bohaté zásobené vodě. Zásobárnou červenýchrvinek, která je aktivována v případě zvýšené potřeby saturace kyslíkem, je slezina. Na rozdíl třeba od psů nebo koní je u lidí tato funkce omezená. Existují však zajímavé výjimky – například u tzv. mořských nomádů, příslušníků kmene Bajau, došlo ke značnému zvětšení sleziny díky mutaci v genu PDE10A. Tito lidé obojživelníci tráví ve vodě až 8 hodin denně, přičemž pod hladinou se pohybují více než polovinu této doby. Zvládnou se potopit do hloubky 70 m a jeden ponor může trvat i kolem 10 minut.

Onemocnění červenýchrvinek existuje celá řada. Významné jsou anémie, kdy je snížena jejich transportní kapacita. Nejčastěji se jedná o onemocnění způsobené nedostatkem železa. Srpkovitá anémie je zapříčiněna mutací v genu pro hemoglobin,

která způsobuje, že v neokysličené formě hemoglobin agreguje a mění tvar krvinek. Srpkovité buňky jsou pak méně deformovatelné a viskoelastické, což může způsobovat celou řadu zdravotních komplikací.

Dalším genetickým onemocněním je talasémie, při které vzniká abnormální poměr hemoglobinových podjednotek. Jak srpkovitá anémie, tak talasémie do určité míry vytvářejí odolnost vůči malárii – příslušné mutace jsou v malarických oblastech selekcí nabohaceny. Pokud dochází ke snížené produkci červenýchrvinek, může se jednat o různé typy aplazií. Naopak pokud se červenýchrvinek tvoří mnoho, může se jednat o polycythemii. Jednou z nich je tzv. polycythemia vera. V případě, že dojde k hemolýze (rozpadu červenýchrvinek toxinem při malarické infekci), může dojít k hemolytické anémii.

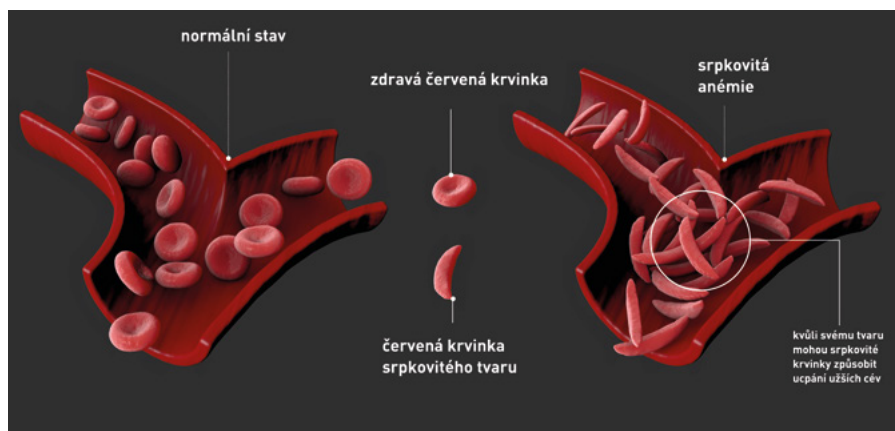
VÍCE KRVINEK, VĚTŠÍ VÝKON

Díky nepřítomnosti MHC glykoproteinů na povrchu červenýchrvinek jsou tyto snadno transplantovatelné (u krve samozřejmě mluvíme o krevní transfúzi). Zvýšené množství červenýchrvinek vede ke zvýšení saturační kapacity

krve pro kyslík, což může poměrně dramaticky zvýšit fyzický výkon. Není divu, že se jedná o možnost zneužitelnou formou tzv. krevního dopingu ve sportu. Ne všichni s abnormálními krevními charakteristikami jsou ovšem dopující zločinci. Známým příkladem sportovce mutanta je Eero Antero Mäntyranta (1937–2013), jeden z nejúspěšnějších finských běžců na lyžích. Ten měl zvýšené množství červenýchrvinek (zvýšující jeho saturaci krve kyslíkem až o 50 %) díky mutaci v genu pro erytropoetinový receptor (EPOR) a „trpěl“ tzv. primární familiární a kongenitální polycythemií (PFCP).

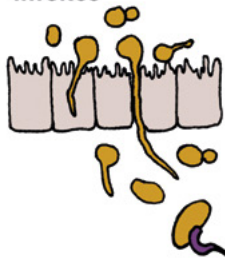
Na EPOR se váže EPO (erytropoetin) – látka produkovaná ledvinami, která v těle reguluje množství a diferenciaci červenýchrvinek. Není překvapivé, že i tato molekula (normálně syntetizovaná za nedostatku kyslíku) bývá některými sportovci zneužívána, a to zvláště v cyklistice. Existuje ovšem i legální cesta pro navýšení množství červenýchrvinek – trénink ve vysokých nadmořských výškách (stimulujících fyziologickou hypoxii) nebo (nejen za koronavirové karantény využívaný) hypoxický stan. ●

AUTOR PŮSOBÍ NA KATEDŘE BUNĚČNÉ BIOLOGIE

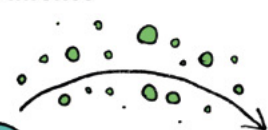


▲ Při srpkovité anémii mohou červené krvinky kvůli svému zvláštnímu tvaru blokovat vlásečnice, omezit průtok krve a zapříčinit tak oběhovou příhodu. Zdroj Shutterstock.com

**mukózní kvasinková
infekce**



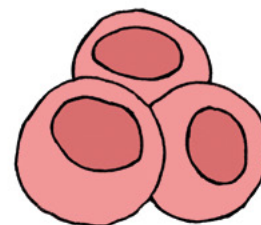
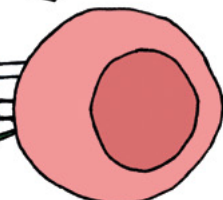
**informace o druhu
infekce**



**neklasická
antigen-prezentující
buňka**



**T-buňka specifická
na kvasinku**



**expenze specifických
T-buněčných klonů**

Dokonalá souhra v obraně

Účinný boj proti patogenům vyžaduje bezchybnou organizaci

JAN DOBEŠ

Imunitní systém lze přirovnat k perfektně sladěnému orchestru buněk, které naše tělo chrání před útoky nejrůznějších patogenů. Patří mezi ně miniaturní viry, o něco větší bakterie, kvasinky – které mohou dosahovat velikosti některých buněk našeho těla –, a dokonce i mnohobuněční parazité. Stejně jako v dobře fungujícím orchestru má i imunitní systém mnoho hráčů, z nichž každý plní svou specifickou roli. Jejich vzájemná souhra je naprosto klíčová pro efektivní obranu proti patogenům.

V PŘEDNÍ LINII

První linií obrany jsou buňky vrozené imunity, které reagují okamžitě po rozpoznání narušitele. Patří mezi ně například granulocyty, jež uvolňují váčky s antimikrobiálními látkami účinnými proti bakteriím i parazitům. Další důležitou složkou vrozené imunity jsou monocyty a jejich tkáňové formy – makrofágy. Tyto buňky doká-

žou lokalizovat a pohlcovat bakterie procesem zvaným fagocytóza. Po jejich pohlcení je likvidují prostřednictvím tzv. respiračního vzplanutí – procesu, při němž vznikají jednoduché, ale vysoce účinné chemické látky podobné těm, které známe z domácích čisticích prostředků.

Na opačné straně „orchestríště“ stojí buňky adaptivní imunity. Mezi ně patří B-buňky, které po aktivaci produkují protilátky – drobné proteiny schopné blokovat průnik virů do buněk, neutralizovat bakteriální toxiny nebo zabránit bakteriím v napadení buněk těla. Další klíčovou složkou adaptivní imunity jsou T-buňky. Cytotoxické T-buňky eliminují buňky infikované viry či bakteriemi, zatímco pomocné T-buňky koordinují imunitní odpověď prostřednictvím signálních molekul a podporují ostatní buňky imunitního systému.

POMALEJŠÍ, ALE ÚČINNĚJŠÍ

Přestože se může zdát, že všechny buňky imunitního systému fungují podobně, existuje mezi nimi zásadní rozdíl. Buňky vrozené imunity reagují okamžitě, protože na svém povrchu nesou receptory, které rozpoznávají charakteristické a životně důležité struktury bakterií a virů. Naproti tomu aktivace adaptivní imunity je složitější a zdlouhavější. Klíčovou roli zde hrají antigen prezentující buňky, například dendritické buňky. Ty nejprve pohltní patogen a pomocí vnitrobuněčných mechanismů jej rozloží na krátké úseky proteinů. Tyto fragmenty následně vystaví na svém povrchu, kde je mohou rozpoznat specifické T-buňky.

Pouze malá část T-buněk v našem těle nese receptory schopné rozeznat konkrétní protein pocházející z patogenu. Díky signálům od antigen prezentujících buněk se tyto specifické T-buňky začnou množit a zároveň získávají informace

◀ **Aktivace T-buňky antigen prezentující buňkou a zprostředkování informace o kandidové infekci. Pouze část T-buněk nese vhodný receptor, který umožní kvasinku rozeznat a dále s ní bojovat.**

Ilustrace Helena Böhmová

o typu infekce, což jim umožní zvolit nejúčinnější obrannou strategii – ať už podporu a přesnější zacílení vrozené imunity, nebo přímou likvidaci infikovaných buněk. Tento proces sice trvá výrazně déle než aktivace vrozené imunity, avšak umožňuje mnohem cílenější a efektivnější odpověď. Další zásadní výhodou adaptivní imunity je schopnost zapamatovat si setkání s patogenem a při opakované infekci reagovat výrazně rychleji a účinněji.

IMUNOLOGICKÉ VÝZKUMY

Zajímavé výzkumy adaptivní imunity probíhají mimo jiné i na katedře buněčné biologie PŘF UK. Vědci z naší Laboratoře mikrobiální imunologie se zaměřují na dosud méně probádané typy antigen prezentujících buněk, které se liší od klasických dendritických buněk. Některé z těchto nových typů pomáhali objevit a dále zkoumají jejich unikátní funkce v porovnání s jinými antigen prezentujícími buňkami. Soustředí se při tom především na obranné mechanismy proti kvasinkovým a bakteriálním infekcím a na způsoby, jakými tyto buňky instruují T-buňky adaptivní imunity při ochraně našeho těla.

Na první pohled by se mohlo zdát, že jeden typ antigen prezentujících buněk postačuje k vyvolání a udržení úspěšné imunitní odpovědi, avšak opak je pravdou. Nedávný výzkum naší laboratoře ukázal, že jedna skupina neklasických

antigen prezentujících buněk hraje klíčovou roli v řízení efektivní imunitní odpovědi proti kvasinkové infekci. Pokud budou pomocí moderních metod genetického inženýrství vypnuty určité funkční molekuly v těchto buňkách, nebudou moci vystavovat fragmenty kvasinkových proteinů. A pokud budou tyto buňky z organismu zcela odstraněny, nedokáže tělo hostitele regulovat odpověď proti kvasinkám, které se pak nekontrolovaně množí na jeho sliznicích. Tyto výsledky zdůrazňují nezastupitelnou roli této nově objevené skupiny buněk v obraně organismu a při správném nastavení soužití hostitele s kvasinkami.

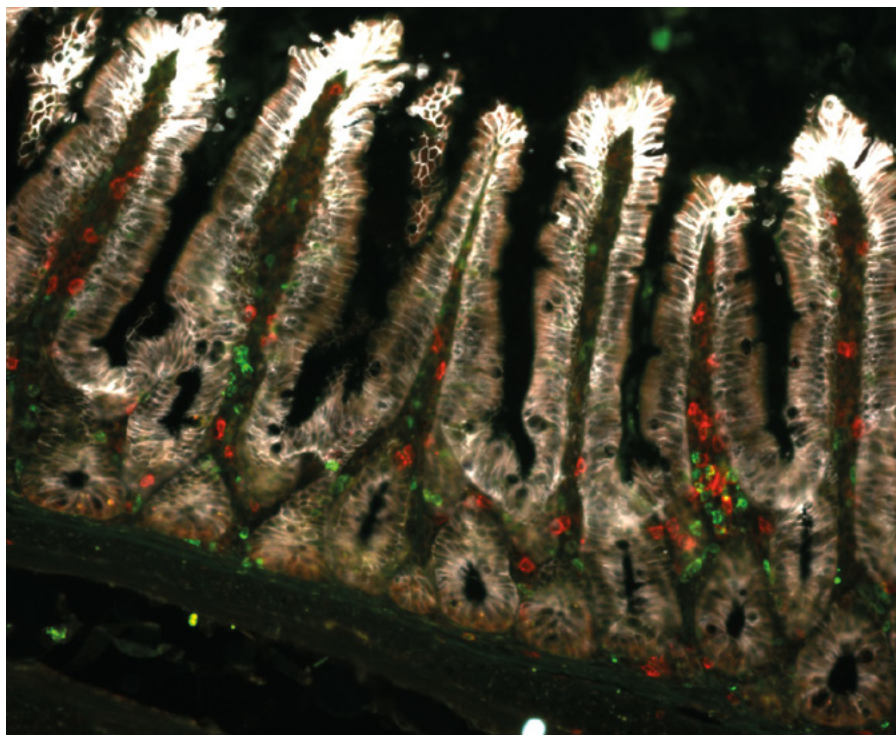
STŘEVNÍ EPITEL

V Laboratoři mikrobiální imunologie probíhá také výzkum buněk, které na první pohled rozhodně nespádají mezi antigen prezentující buňky imunitního systému, protože mají v těle zcela odlišné funkce. Nicméně za určitých podmínek mohou získat schopnost

prezentovat antigeny. Příkladem mohou být buňky střevní sliznice, které při kontaktu s určitými typy bakterií získávají schopnost prezentovat na svém povrchu části proteinů pocházejících z bakterií.

Pokud si uvědomíme, že střevo je osídleno obrovským množstvím bakterií, jejichž počet převyšuje počet buněk našeho těla, otevírá se tím velmi zajímavá možnost, jak může hostitel regulovat imunitní odpověď proti škodlivým bakteriím a zároveň tolerovat ty, které jsou pro tělo prospěšné. Fakultní výzkum se zaměřuje právě na tuto dosud velmi málo popsanou regulační schopnost střevního epitelu, který skrze tuto získanou funkci ovlivňuje adaptivní imunitu. Lepší pochopení mechanismů, které tyto buňky využívají, může vést k objevu nových způsobů, jak regulovat nepříjemné a někdy i život ohrožující střevní záněty. ●

AUTOR JE VEDOUCÍM LABORATOŘE MIKROBIÁLNÍ
IMUNOLOGIE NA KATEDŘE BUNĚČNÉ BIOLOGIE



▶ **Buňky střevní sliznice mohou sloužit také jako antigen-prezentující buňky.**

Foto Evgeny Valter

Kdo to všechno řídí?

Genetická informace přečtena – co víme o regulaci její aktivity

LUKÁŠ FISCHER

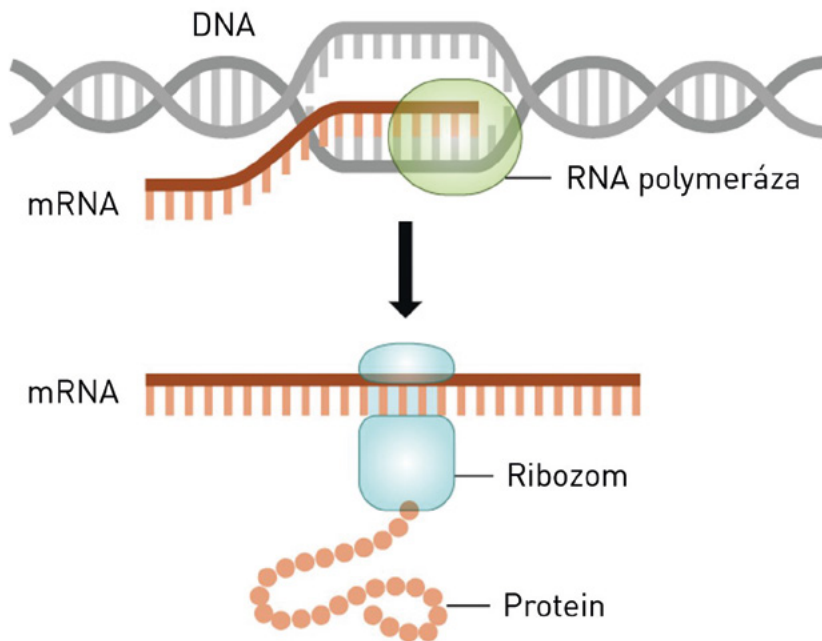
Buňka je základní stavební komponentou živých organismů. Sama je ale velmi komplexním prostorem, což je zvláště výrazné v případě buněk eukaryotických. Pro zajištění jejich správného fungování je nutné oddělení buněčných procesů do jednotlivých organel či ještě menších struktur. Tam se ve vhodných podmínkách přednostně potkávají molekuly, které spolu mají vzájemně interagovat – třeba správné enzymy se správnými substráty. Tak je tomu i v případě buněčného jádra.

JÁDRO – ŘÍDICÍ CENTRUM

Jádro má z hlediska fungování buňky výsadní postavení, protože je v něm přítomna DNA, která je nositelkou genetické informace. Geny (úseky DNA) kódují buněčné proteiny, které jsou výkonným aparátem, jenž přímo či zprostředkovaně zajišťuje všechny buněčné funkce. Proteiny fungují jako enzymy, přenašeče, receptory, složky buněčných struktur apod. Směrem k jádru je přenášena velká část signálů, které buňka získává ze svého okolí. V reakci na ně a na stav buňky samotné rozhoduje jaderný aparát o tom, které geny a v jaké míře budou v danou chvíli využívány. To buňce umožňuje optimálně reagovat na okamžitou situaci jak v kontextu podmínek prostředí, tak i s ohledem na úlohu dané buňky v rámci mnohobuněčného organismu.

GENY V MENŠINĚ

Jednotlivé buňky velkou část svých genů nikdy nevyužijí, přesto si je ve svém jádře až na výjimky uchovávají všechny, aby je mohly použít třeba při změně podmínek. Geny pro výkonný proteinový aparát navíc představují jen malou část genetické informace. Většinu tvoří oblasti s jinými funkcemi. Některé



▲ **Gen je nejprve přepsán do messenger RNA (mRNA) a ta je poté přeložena do proteinu.** *Zdroj Congressional Research Service reports, počestěno*

mají primárně strukturální funkci a jsou nezbytné při kopírování a předávání genetické informace do dceřiných buněk (např. centromery a telomery chromozomů). Jiné úseky pomáhají regulovat aktivitu přilehlých i vzdálených genů či slouží k vytváření mutací.

Velmi hojně zastoupené úseky DNA nazývané transpozony (mobilní genetické elementy) umí obojí. Často ovlivňují aktivitu sousedních genů a jsou i schopné se v rámci DNA přemísťovat či kopírovat a tím způsobovat mutace. Ty mohou být zdrojem výhodných evolučních novinek, ale většinou je tomu naopak a nové mutace jsou pro své nositele zátěží, o jejíž eliminaci se stará

přírodní výběr. Kromě genů, transpozonů a strukturálních a regulačních oblastí obsahuje genetická informace i oblasti někdy nazývané „temná hmota“. O ní toho víme nejméně, ale patrně funguje jako „smetiště“ či „bazar“. Je zřejmě tvořena pozůstatky mutovaných genů a jiných úseků DNA. S velmi nízkou pravděpodobností v ní ale mohou vzniknout i zcela nové, tzv. sirotčí geny.

► **DNA se v jádře díky epigenetickým značkám samouspořádává do různých typů A-kompartmentů, kde je aktivně přepisována do RNA, či tvoří kompaktní nepřístupné shluky (B-kompartmenty).** *Zdroj Laghmach et al. 2022, počestěno*

JAK TO SPRÁVNĚ ŘÍDIT?

Z výše uvedeného je zřejmé, že buňka musí pečlivě kontrolovat aktivitu jednotlivých úseků své genetické informace, aby ve vhodnou chvíli zapínala jen potřebné geny, zatímco mutagenní transpozony se aktivovaly jen zcela výjimečně. Tuto kontrolu zajišťuje jaderný aparát, který rozhoduje o tom, jaké úseky genetické informace se budou aktivně přepisovat do RNA. Jen tak mohou z genů vzniknout funkční produkty. Buňka dokáže likvidovat i již vzniklé konkrétní RNA či z nich přeložené proteiny, ale je to energeticky náročnější a méně spolehlivé. Výhodnější je proto regulovat především samotný přepis DNA do RNA, který zajišťují RNA polymerázy.

O tom, zda a kde začnou tyto enzymy DNA přepisovat, rozhoduje primárně to, jestli je konkrétní úsek genetické informace (DNA) v přístupné formě, nebo je před polymerázou „schován“. U přístupných úseků je pak navíc k zahájení tvorby RNA potřeba, aby se na gen navázaly aktivátory a nebyly

přítomny represory. Mnohobuněčné organismy obsahují stovky různých aktivátorů a represorů, ale v každé buňce jsou vždy jen některé z nich. Navíc se každý váže jen na některé geny. Existuje tak obrovské množství kombinací, jak regulovat aktivitu každého genu specificky v každém typu buňky. Přítomnost či vazbu aktivátorů a represorů navíc ovlivňují signály přicházející do jádra, čímž jsou geny zapínány či vypínány v reakci na konkrétní situace.

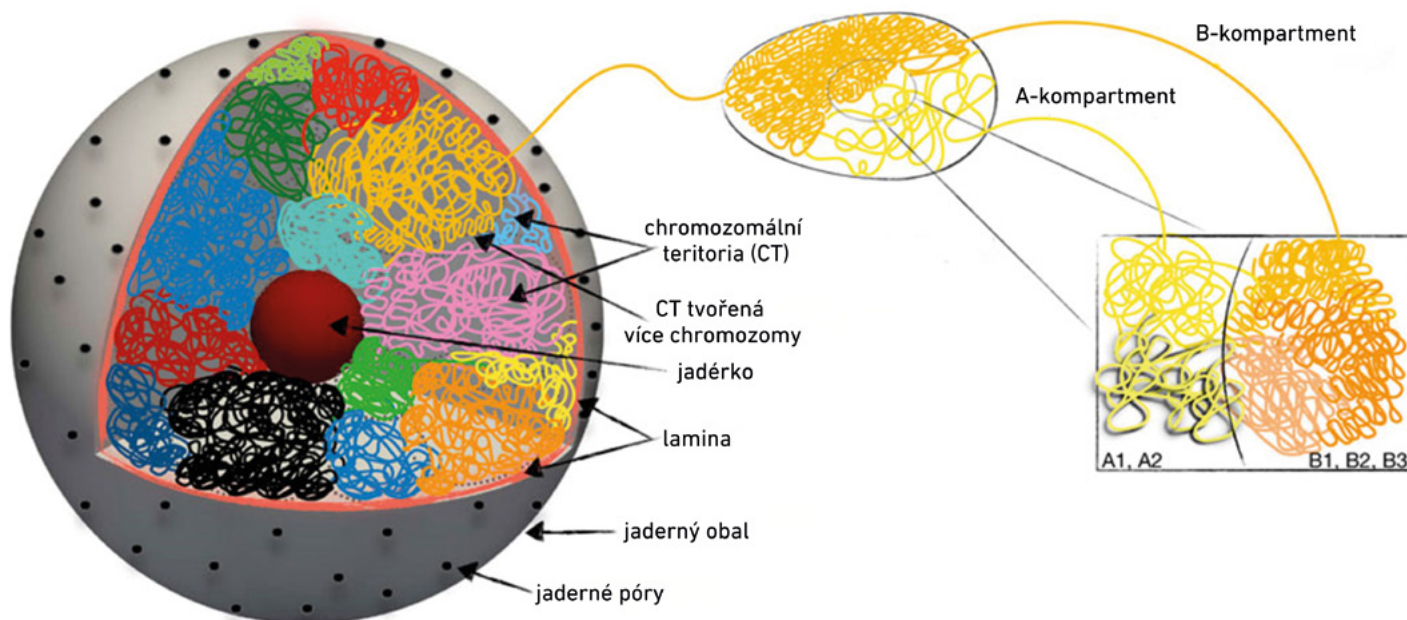
EPIGENETICKÁ REGULACE

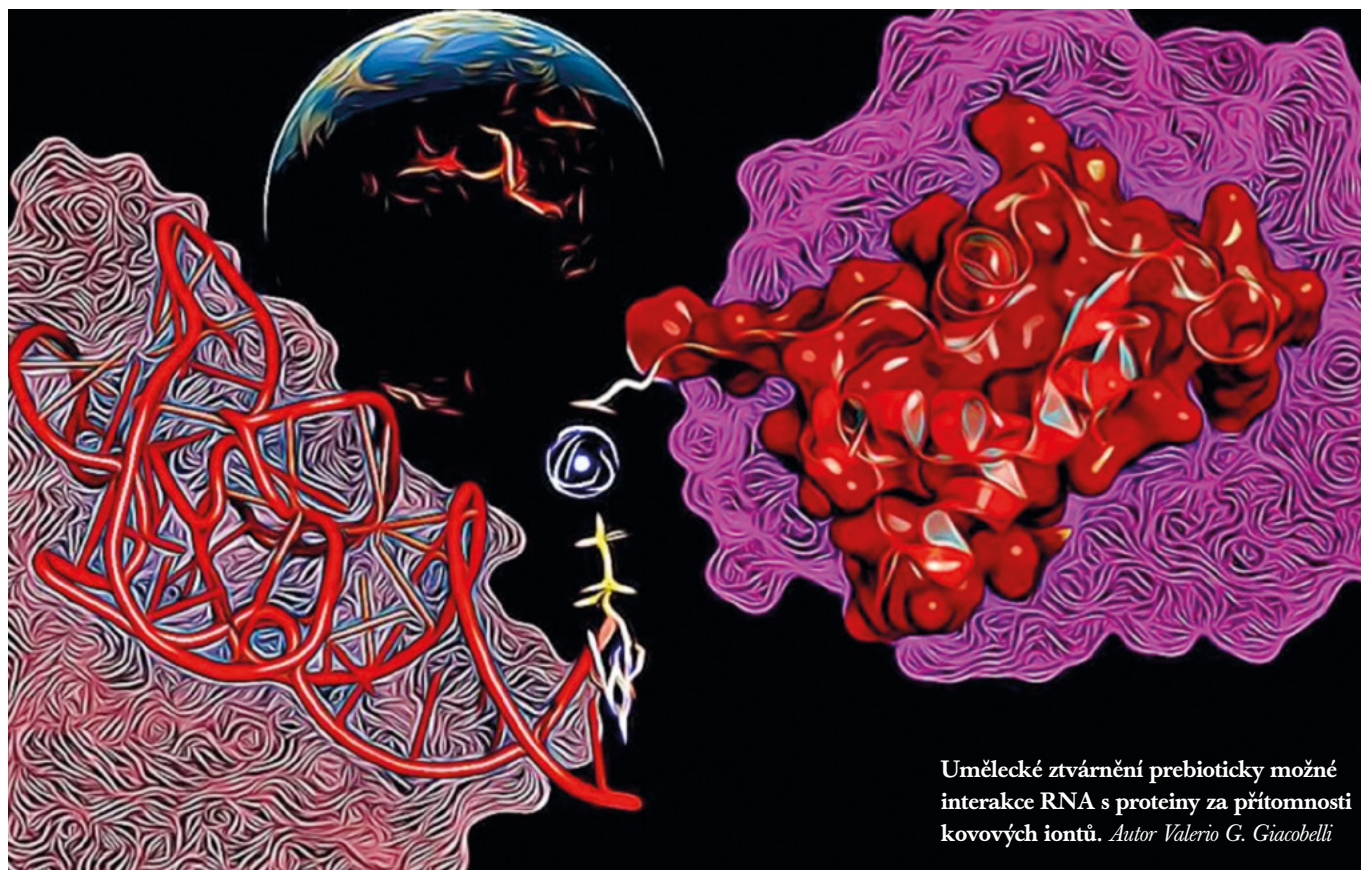
V buňkách jsou pro vazbu aktivátorů a represorů snadno fyzicky dostupné vždy jen geny, které jsou (či mohou být) v dané fázi vývoje potřeba. Tato dostupnost genetické informace je řízena chemickými značkami, např. metylovými či acetylovými skupinami, které jaderný aparát připojuje na DNA či s ní asociované proteiny (histony). Tyto tzv. epigenetické značky mají různé funkce. Na některé se vážou proteiny, které DNA zabalí a znepřístupní (např. úseky s transpozony), jiné značky naopak

vytváří vhodné prostředí, kam jsou „přitahovány“ aktivátory a RNA polymeráza. Genetická informace v jádře se tak díky epigenetickým značkám samovolně uspořádává do prostorových mikrokompartmentů, což výrazně usnadňuje její správné využívání.

Některé epigenetické značky navíc pomáhají RNA polymeráze správně určit místo, kde má začít a ukončit přepisování jednotlivých genů. Epigenetické značení je tedy jakýmsi návodem, jak využívat jednotlivé úseky genetické informace. U některých genů aktivovaných v reakci na stres může být dokonce změněné epigenetické značení přeneseno z rodičů na potomky, kteří jsou díky tomu „předpřipravení“, pokud se podobný stres vyskytne i za jejich života. Regulace aktivity jednotlivých úseků genetické informace je velmi komplexní a mnoho mechanismů jistě stále čeká na své objevení. ●

AUTOR JE VEDOUCÍM KATEDRY EXPERIMENTÁLNÍ
BIOLOGIE ROSTLIN





Umělecké ztvárnění prebioticky možné interakce RNA s proteiny za přítomnosti kovových iontů. Autor Valerio G. Giacobelli

Život s devatenácti aminokyselinami

Mohl by organismus fungovat i s menším repertoárem aminokyselin?

KLÁRA HLOUCHOVÁ

Pro fungování buněčných procesů jsou, jak známo, nezbytné bílkoviny, které tvoří základ života. K jejich stavbě používají všechny známé formy života stejnou sadu dvaceti kódovaných aminokyselin. Proč si život vybral právě tyto aminokyseliny? Mohla by jiná sada být podobně „životaschopná“, anebo je právě ta naše nezbytným předpokladem pro život, jak ho známe?

POZEMSKÉ I MIMOZEMSKÉ

Jak ukázaly slavné pokusy Millera a Ureyho v 50. letech 20. století, první aminokyseliny mohly na Zemi vznikat z jednoduchých plynů (např. methan,

amoniak, vodík). Vědci navíc před časem zjistili, že některé aminokyseliny (a další organické látky potřebné pro život) mohly vznikat i v meziplanetárním prostoru vesmíru a na Zemi se mohly dostat při dopadech meteoritů, které byly v rané historii planety velmi intenzivní. Na naší planetě tedy pravděpodobně bylo již poměrně záhy po jejím vzniku aminokyselin víc než dost pro tvorbu peptidů, tedy kratších verzí bílkovin.

Ačkoliv repertoár takto prebioticky dostupných aminokyselin byl docela široký (v meteoritech byly detekovány vysoké desítky různých druhů), nachá-

zela se tam jen zhruba polovina z těch, které jsou součástí dnešních bílkovin. Z toho vyplývá, že aminokyseliny využívané pro stavbu dnešních bílkovin byly prvotně vyselektovány procesem chemické evoluce. Druhá polovina kódovaných aminokyselin se objevila postupně s vývojem metabolických drah pro jejich syntézu. Můžeme se proto právem domnívat, že rané buňky fungovaly s trochu jiným a zřejmě také s menším počtem aminokyselin.

ZÁHADNÉ PRABÍLKOVINY

Tím, zda by za takových okolností mohly bílkoviny fungovat, se v posledních

letech zabývají vědci sdružení v týmu Syntetická biologie na katedře buněčné biologie PŘF UK a jejich bádání již přináší první zajímavé výsledky. Vědci kupříkladu zjistili, že některé bílkoviny se dokážou složit do kompaktních struktur a interagovat s jinými molekulami, jako je RNA, i bez aromatických nebo kladně nabitých postranních řetězců, často s pomocí různých kofaktorů (tj. nebílkovinných složek bílkovin, jako jsou ionty kovů nebo organické kofaktory, například flavinové či nikotinamidové nukleotidy). První bílkoviny tedy mohly podle všeho vznikat s omezenou sadou aminokyselin, a přesto umožnit rozvoj života.

Dalším zajímavým zjištěním je, že krátké verze bílkovin, tzv. peptidy, mohly vznikat i z nekanonických aminokyselin, které byly dostupné již před vznikem genetického kódování a ribozomální syntézy. Vědcům dlouho nebylo jasné, proč se tyto aminokyseliny nestaly součástí dnešního proteinového repertoáru. Experimenty nicméně ukazují, že jejich vlastnosti zkrátka nebyly pro skládání a funkci bílkovin tak výhodné jako u těch, které dnes pozemský život používá, a to nám významně pomáhá osvětlit cestu chemické evoluce při jejich výběru.

CO POTŘEBUJE ŽIVOT

Stejnou sadu dvaceti aminokyselin používá veškerý život na Zemi již více než 3,5 miliardy let. Tento počet je také zakotven v tzv. centrálním dogmatu molekulární biologie, kde 64 kodonů (tj. specifické tři za sebou jdoucí báze mRNA) určuje právě 20 kanonických aminokyselin (plus tři stop kodony).

► **Chemický prostor kanonických aminokyselin je náchylnější k tvorbě bílkovinné struktury než testované nekanonické prebioticky pravděpodobné alternativy.** *Ilustrace Mikhail Makarov*

I kdyby tedy v minulosti existovaly organismy s menším počtem aminokyselin, pravděpodobně by byly rychle přepsány (téměř) univerzálním genetickým kódem, jelikož horizontální přenos genů byl v raném životě velmi častý.

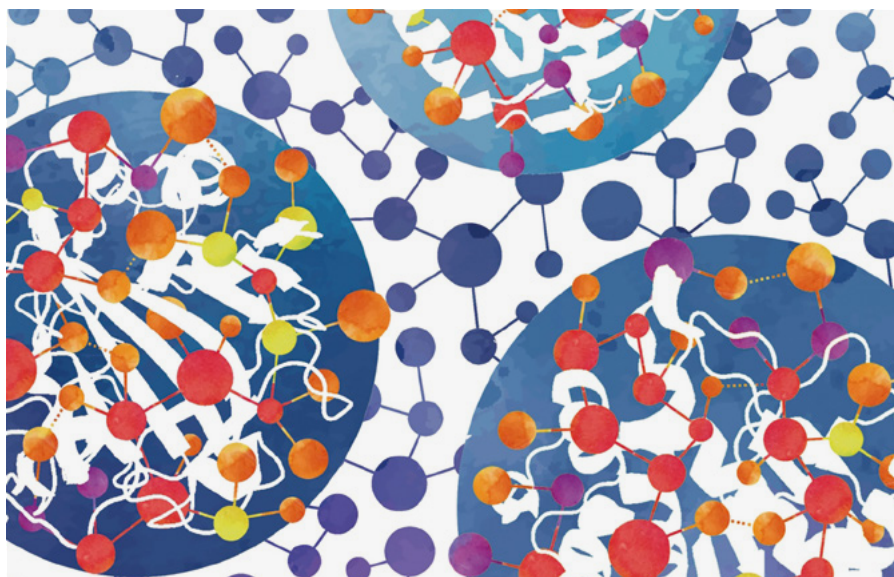
Když je tomu tak, proč je vlastně důležité zjistit, zda dnešní život může fungovat s menším počtem aminokyselin? Zprv chceme pochopit, proč se život zastavil právě na tomto čísle. Mohlo by jich být méně? Nebo by odstranění jediné aminokyseliny vedlo ke ztrátě efektivity života? A zadruhé by to mohlo mít velký význam pro biotechnologie a syntetickou biologii – pokud bychom vytvořili buňky s menším počtem aminokyselin, mohly by být jednodušší a méně energeticky náročné. Takové buňky by potom byly jako stvořené pro biotechnologické a biomedicínální aplikace.

Syntetičtí biologové dospěli k názoru, že pro uvedené cíle je nejzajímavější aminokyselina tryptofan, která je pravděpodobně nejnovějším přírůstkem do genetického kódování a jejíž syntéza je pro buňky velmi náročná. V organismech jako jsme my, je tryptofan kromě

jeho role při stavbě bílkovin důležitým a těžko postradatelným metabolitem. To ale neplatí o všech formách života. Je možné, že by bakteriální buňky mohly normálně fungovat, kdyby se tryptofan zcela odstranil? První experimenty ukazují, že tryptofan lze odstranit z bílkovin, které zajišťují jeho syntézu v modelové bakterii *E. coli*. Dalším krokem je zjistit, zda by bez tryptofanu mohly fungovat další metabolické dráhy, nebo dokonce celá buňka, například v modelu minimalizované buňky *Mycoplasma Syn3*.

Právě to je v současnosti jedním z hlavních cílů výzkumné skupiny Syntetická biologie. Znamená to pokusit se postupně přepsat zhruba 531 kbp (párů kilobází) dlouhý genom této bakterie. Byť je takový genom asi osmkrát kratší než genom modelové bakterie *E. coli*, stále to obnáší záměnu asi 1400 pozic tryptofanu. Ovšem pokud by se to podařilo, byla by to první známá „abeceda“ s menším počtem aminokyselin – více o tom snad v nějakém dalším čísle. ●

AUTORKA VEDE SKUPINU SYNTETICKÁ BIOLOGIE NA
KATEDŘE BUNĚČNÉ BIOLOGIE



Geologie, to nejsou jen „šutry“

Studovat geologii znamená zabývat
se zásadními problémy dneška

VERONIKA RUDOLFOVÁ



Foto archiv K. Perthenové

Geologie sice nepatří mezi nejpopulárnější obory, ale jakmile se do ní ponoříte, otevře se před vámi fascinující svět plný příběhů, které formují naši planetu i každodenní život. Tak to aspoň vidí Kateřina Perthenová, studentka geologie, která si prošla cestou od dětské fascinace přírodou až k výzkumu dopadu těžby na podzemní vody.

Kdy jsi zjistila, že tě zajímá geologie? Byla tvým koníčkem od malička, nebo ses k ní dostala až později?

Nemůžu říct, že by mě to od mala táhlo vyložené ke geologii. Určitě mě bavilo trávit čas v přírodě, ale nejprve jsem se věnovala hlavně té živé. Později jsem se díky strýci, který se zabývá opravováním historických podzemí, dostala i do nějakých katakomb a pískovcových tunelů. S koncem gymnázia, kdy jsem

se měla rozhodovat, co dál, jsem začala víc vandrovat různě po horách. Při hledání školy, kde bych mohla dál rozvíjet svůj zájem o přírodu a zároveň našla uplatnění, na mě proto geologie udělala dobrý dojem. Viděla jsem v ní příležitost, jak i nadále poznávat svět kolem. Přitom jsem věděla, že z oboru geologie se dá jít jak akademickou cestou, tak i cestou aplikované geologie (inženýrská geologie, hydrogeologie, geofyzika). Líbilo se mi, že se nemusím rozhodovat hned, a otázka, co vlastně budu dělat, tak zůstala dost otevřená.

Geologie není mezi uchazeči o studium tak oblíbená jako například biologie či ekologie, počty přihlášek nejsou příliš vysoké. Co tě na geologii nejvíce baví a fascinuje? Proč by ji měl někdo studovat?

Rozdíl v počtu studentů nejspíš souvisí se způsobem, jakým se geologie vyučuje na střední škole. Myslím, že nabízí velmi zajímavý přehled o fungování planety Země od vzniku a pohybu kontinentů po zkoumání jednotlivých hornin pod mikroskopem. Je to podle mě především nauka o procesech, které formují naši planetu a tím ovlivňují život na ní. Důležité je si také uvědomit, jaká všechna aktuální i do budoucna důležitá témata jsou s geologií spjata, ať už to je ukládání radioaktivního odpadu, těžba ropy, nebo získávání kovů vzácných zemin. Podobně hydrogeologie, zejména monitorování a ochrana zdrojů pitné

► Se snímkem Morová maska vyhrála Kateřina Perthenová před dvěma lety soutěž Šutroskop.

vody v krajině, je důležitou součástí tématu klimatické změny. Na geologii mě tedy baví, že budu dělat něco, co má reálné smysl.

Tématu s výrazným praktickým dopadem se věnuješ i v rámci bakalářské práce, ve které se zabýváš problematikou vlivu těžby štěrkopísku na podzemní vody. Přiblížila bys nám praktické dosahy tohoto výzkumu?

Mít kvalitní zdroj pitné vody je naprosto základní potřeba. V dnešní době se pozornost přesunula z pouhého vyhledávání a co nejeftivnějšího čerpání vody i k její ochraně, aby se zásoby vody mohly obnovovat a nebyly nadměrně čerpány nebo aby nedocházelo k poškození kvality vody. Na druhou stranu je pro rozvoj dopravní infrastruktury nutně potřebný i stavební materiál, jako jsou štěrkopísky. Celá situace je samozřejmě složitější a odvíjí se od konkrétního případu,

nicméně základním kamenem úrazu je, že kolektor vhodný pro zadržování pitné vody je zároveň tvořen horninou se správnými parametry pro těžbu požadované suroviny, tedy štěrkopísku. Otázkou pak je, do jaké míry je možná koexistence těchto dvou zájmů, aby jeden nepoškozoval druhý.

Zatím jsi teprve na bakalářském stupni studia, ale z tvých odpovědí je zřejmé, že ses pro geologii nadchla a chtěla bys zůstat v oboru. Máš nějakou představu, co bys v budoucnu chtěla dělat?

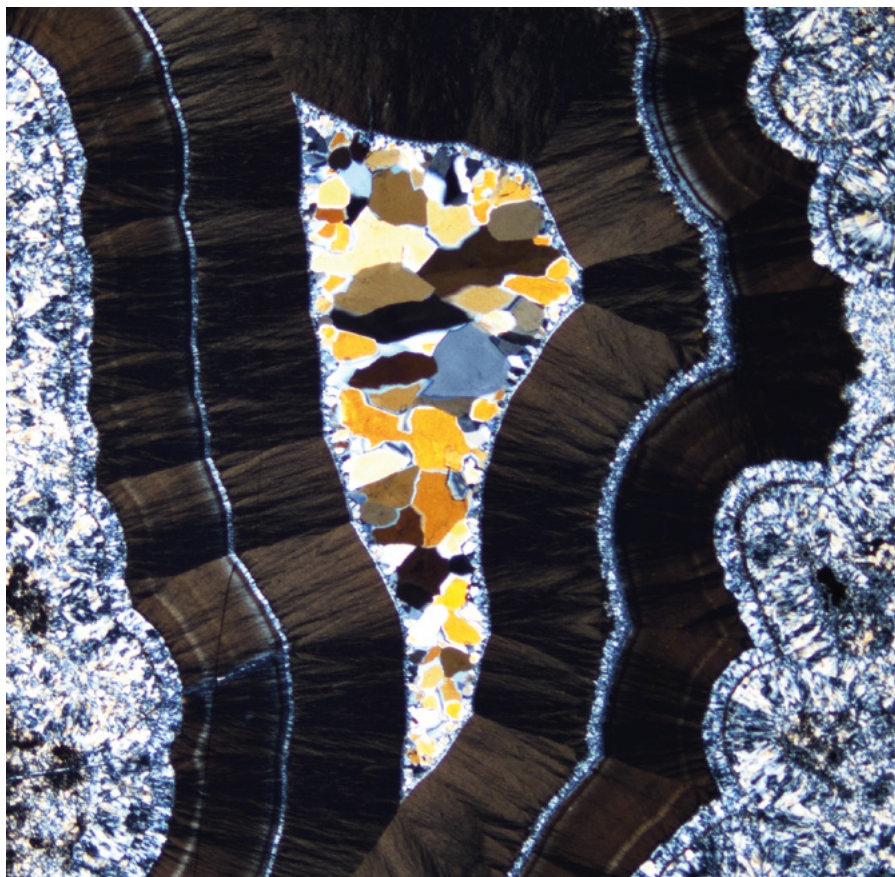
Ráda bych pokračovala ve studiu na magisterském stupni, kde už se musíme rozhodnout pro nějaké zaměření. Mě asi nejvíc zaujala zmíněná hydrogeologie a chtěla bych v ní i nadále pokračovat. Užitečným nástrojem mi přijde zejména vytváření numerických modelů proudění podzemní vody a v průběhu dalších let bych se s ním chtěla naučit lépe pracovat.

V roce 2023 ses účastnila fotografické soutěže Šutroskop. Tvoje fotografie Morová maska dokonce vyhrála první místo. Mohla bys nám sdělit své dojmy ze soutěže?

Na Šutroskopu bylo skvělé, že byl přístupný pro všechny studenty se zájmem o geologii. Nebylo potřeba vlastnit mikroskop ani připravené výbrusy hornin. Veškeré materiály poskytla pod organizací spolku GAS fakulta, nám účastníkům stačilo jen vzorky prohlížet a hledat zajímavé obrazce a útvary. V místnosti s mikroskopy s námi vždy byl i nějaký dozor z řad doktorandů nebo učitelů, kteří nám vždy ochotně pomohli rozluštit, co za minerály se zrovna nachází pod mikroskopem, když jsme si nebyli jisti. Starší studenti a studenti se zkušenostmi v oboru měli samozřejmě i výbrusy vlastní. Jedním z těchto starších studentů byl i Štěpán Jaroměřský, který měl vybrané své favority do soutěže. Nicméně zbyly mu i krásné výbrusy, které nepoužil a nám coby nováčkům je nabídl. Právě jedním z těchto poskytnutých výbrusů je i Morová maska, která nakonec vyhrála. Přijde mi, že to hezky ilustruje náladu mezi jednotlivými studenty, kteří jsou ochotni si i přes rivalitu v soutěži navzájem pomáhat.

Věnuješ se ještě nějaký dalším geologicky orientovaným volnočasovým aktivitám?

Mám pocit, že spíš geologie více pronikla do některých mých zájmů. Především má oblíbená turistika v horách je pro mě obohacena o znalosti, jak mohlo dojít k tak obrovskému přesunu hmoty a vzniku krásných horských masivů. Moji přátelé se tak nevyhnou občasným „fun factům“ o místních šutrech. Znalost geologie mi také přidává zastávky na plánované trase. Když jsme se s kamarádkou vydaly na Sicílii, bylo mi jasné, že se prostě musíme vyškrábat na Etnu. ●





SOČky na PřF UK

Rozvíjej svoje schopnosti pod vedením našich odborníků!

Rozhodl/a ses nebo se rozhoduješ, že začneš psát práci na Středoškolskou odbornou činnost? Nebo chceš rozpracovaný projekt posunout na novou úroveň? Přihlaš se na semináře vědecké práce na Přírodovědecké fakultě UK!

CO TĚ ČEKÁ?

- přednášky a diskuze, které ti ukáží, jak na vědeckou práci od A do Z
- konzultace s odborníky, kteří ti pomůžou rozvinout tvůj projekt
- inspirativní přednášky od výzkumníků z přírodních i společenských věd

- journal club: krátké prezentace SOČek, kde se dozvíš víc o odborných publikacích

A NAKONEC:

dvoudenní konference, kde budeš moci ukázat, co jsi vymyslel/a!

KDY A KDE:

Letní semestr: únor – duben 2025

ČAS:

15:00 – 16:50 (2 bloky po 45 minutách)

MÍSTO:

Krajínova posluchárna, Benátská 2

KONTAKT:

Kateřina Tušková –
katerina.tuskova@natur.cuni.cz

Veronika Dejmková –
veronika.dejmкова@natur.cuni.cz

Bližší info:



Registrace:



Nezmeškej příležitost, zaregistruj se hned! Těšíme se na tebe! ●

Studentský velemlok 2025

Během reprezentačního plesu byly vyhlášeny laureáti tradiční studentské ceny



Cena Studentský Velemlok je ocenění pro nejlepší pedagogy Přírodovědecké fakulty UK, udělované každoročně těm učitelům, jejichž předměty byly studenty nejlépe hodnoceny.

SEKCE BIOLOGIE

Mgr. Vojtěch Hladký, Ph.D.,
katedra filosofie a dějin přírodních věd

Předmět: Etika a věda

SEKCE CHEMIE

RNDr. Luděk Míka, Ph.D.,
katedra učitelství a didaktiky chemie

Předmět: Anorganická chemie III (b)

SEKCE GEOGRAFIE

RNDr. Miroslav Šobr, Ph.D.,
katedra fyzické geografie a geoekologie

Předmět: za mimořádné hodnocení ve veškerých 14 vyučovacích předmětech

SEKCE GEOLOGIE A ÚSTAV PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

RNDr. Jolana Tátošová, Ph.D.,
Ústav pro životní prostředí

Předmět: Limnologické metody – praktikum

CENA SKAS PRO NESEKČNÍ PŘEDMĚTY

Mgr. Klára Kovaříková, Ph.D.,
katedra tělesné výchovy

▲◀ Vojtěch Hladký z katedry filosofie a dějin přírodních věd.

◀ Klára Kovaříková z katedry tělesné výchovy





Fakultní ples v novém

Změna prostředí, premiérová benefice i tradiční Velemlok

Na začátku března se uskutečnil tradiční reprezentační ples Přírodovědecké fakulty UK, a to poprvé pod vedením nového děkana a jeho kolegia. A poprvé v nových prostorách – po Kongresovém centru a Paláci Žofín se ples přesunul do Národního domu na Vinohradech.

Program plesu byl jako vždy bohatý. Pro tanečníky hrál v Majakovského sále oblíbený Big Band Vladislava Brože, návštěvníci mohli též zhlédnout vystoupení akordeonistky, stepařské trio, taneční vystoupení v latino stylu nebo třeba slam poetry. Dále se představily

kapely Nine O'clock a Zooblasters a program završilo půlnoční představení. I letos bylo součástí večera vyhlášení cen Studentský velemlok.

Poprvé v historii se v rámci plesu uskutečnila benefiční akce na podporu Nadačního fondu PŘF UK. Ten vznikl v roce 2017 a klade si za cíl podporovat pedagogickou, vědeckou a výzkumnou činnost fakulty a zejména pak pomáhat studentům při jejich zahraničních stážích a poskytovat jim stipendia. Od svého vzniku fond přispěl 47 studentům částkou 30 tisíc korun na zahraniční cesty a 25 studentů obdrželo stipendi-

um ve výši 60 tisíc korun na podporu studia programu Science. Celkově tak bylo na tyto aktivity vydáno více než 3 miliony korun.

Benefice proběhla za přítomnosti ředitele Nadačního fondu IOCB Tech, Dušana Brinzanika, který ve prospěch Nadačního fondu PŘF UK předal šek na 300 000 korun. Poté následovala benefiční dražba, jejíž výtěžek měl rovněž podpořit Nadační fond PŘF UK. Předmětem dražby byla soukromá komentovaná prohlídka červnové Velké výstavy bezobratlých pod vedením entomologa dr. Petra Šípka. ●



3x foto Michal Vais

Paleontologie do kapsy

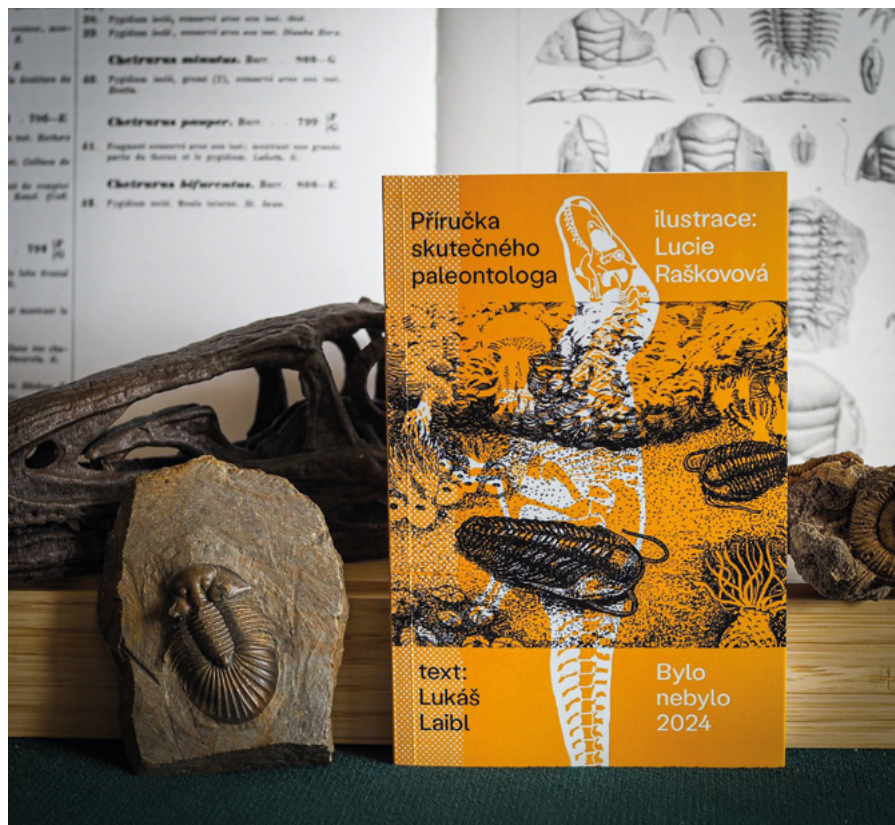
Skvělá příručka, kterou na výletě snadno unesete

Chtěli jste se vždycky stát paleontologem a objevovat dávno zaniklé světy? Vykopávat dinosaury, trilobity nebo studovat pravěká zvířata a rostliny? Jestli ano, pak je Příručka skutečného paleontologa knížkou právě pro vás!

Lukáš Laibl, paleontolog, uctíváč trilobitů, espressa a kavárenský povaleč, vystudoval paleontologii na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy a v současnosti pracuje v Geologickém ústavu Akademie věd České republiky. Několik let působil také na univerzitě ve švýcarském Lausanne. Má za sebou několik paleontologických expedic do Maroka, Kanady, Číny a Španělska a je autorem nebo spoluautorem více než 30 vědeckých publikací. V roce 2022 získal prémii Otto Wichterleho pro vynikající mladé vědce AV ČR. Pravidelně přispívá do populárně naučných časopisů (Živa, Vesmír, Wired, Přírodovědci) a přednáší o paleontologii dětem a veřejnosti.

Příručka skutečného paleontologa.

Lukáš Laibl. Bylo nebylo 2024, 196 stran



Hmyzí encyklopedie pro každého

Pronikněte do tajů entomologie s novým atlasem příjemného formátu



Vydejme se společně do vzrušujícího a pestrého světa hmyzu, který si představíme v přehledné knize plné názorných fotografií. Nahlédneme do většiny základních skupin hmyzu a šestinohých, které jsme dost možná již někdy někde zahlédli. Nechybí zajímavosti a přehledné náčrtky, které zodpoví nejednu zvědavou otázku. Vyjde v dubnu 2025.

Atlas hmyzu – průvodce českou přírodou. Petr Šípek. Edika 2025, 168 stran

Obě knihy naleznete v našem e-shopu (viz QR kód).





Za životem do zamrzlé pouště

TEXT KATEŘINA KOPALOVÁ
FOTO PETR JAN JURAČKA

Antarktida je kontinentem klimatických extrémů a tudíž místem pro život krajně nevhodným. Alespoň na první pohled. Ti, kdo se nenechají odradit, překvapeně zjistí, že i zde si život našel nejednu cestu. Dobře to ví i Kateřina Kopalová z katedry ekologie PŘF UK, která se počátkem letošního roku vypravila na nejchladnější kontinent již poněkoličkáte. Na několik týdnů trvající cestu, již kvůli nevyzpytatelnému počasí nelze přesně naplánovat, ji tentokrát doprovodil i fotograf Petr Jan Juračka.

Tak jako všude na světě, i v zátoce Hope Bay na samé špičce Antarktického poloostrova, kde se nachází argentinská základna Espernaza, je veškerý život vázán na vodu. Ta sladká se ovšem v tekutém stavu vyskytuje jen pár měsíců v roce. Cílem výzkumu doktorky Kopalové, která se primárně zabývá rozsivkami – řasami, které díky svým vlastnostem umožňují sledovat vývoj místních ekosystémů, bylo zachytit a charakterizovat mikrobiální život

toků a jezer a odhadnout, jak se budou měnit pod vlivem globální klimatické změny, která má na hydrologický režim oblasti obrovský vliv. Díky pochopení struktury a fungování relativně jednoduchého ekosystému a zachycení změn v dlouhodobějším měřítku v návaznosti na klimatické změny podnebí, nastíní možné scénáře změny v rámci celého kontinentu, který v neposlední řadě významně ovlivňuje i zbytek naší planety. ●



▲◀ Zátoka Naděje (Hope Bay) na špičce Antarktického poloostrova, kde je již od roku 1953 a celoročně osídlena argentinská stanice Esperanza.

▲ Lidé na stanici Esperanza žijí v těsné blízkosti tučňáků a to konkrétně dvou druhů tučňáka oslího (*Pygoscelis papua*) a tučňáka kroužkového (*Pygoscelis adeliae*).

▶ Výzkum v antarktických podmínkách je pro vědce skutečným dobrodružstvím – vše se odvíjí od počasí, které jim často řadu dní nedovolí základnu opustit. Přesto se sem někteří opakovaně vrací.







◀ Tučňák oslí (*Pygoscelis papua*) s mládětem.
Jeho vývoj od vajíčka po jedince lovícího v moři
zabere sotva dva měsíce.

▲ K typickým místním obyvatelům patří tuleň
Weddelův (*Leptonychotes weddellii*), který je
savcem s nejjížnějšími habitaty na světě.



◀◀◀ Kolonie tučňáka kroužkového (*Pygoscelis adeliae*) je jednou z největších kolonií tohoto druhu na Antarktidě vůbec a čítá víc jak 125 000 párů, rozrůstající se v letních měsících o nově narozená mláďata. Celá kolonie tak zabírá výraznou část nezaledněné oblasti.

◀◀ Rozsívky jsou jednobuněčné, mikroskopické fotosyntetizující řasy, které právě v těchto oblastech tvoří základ místních potravních sítí. Jejich diverzita je zde až překvapivě vysoká.

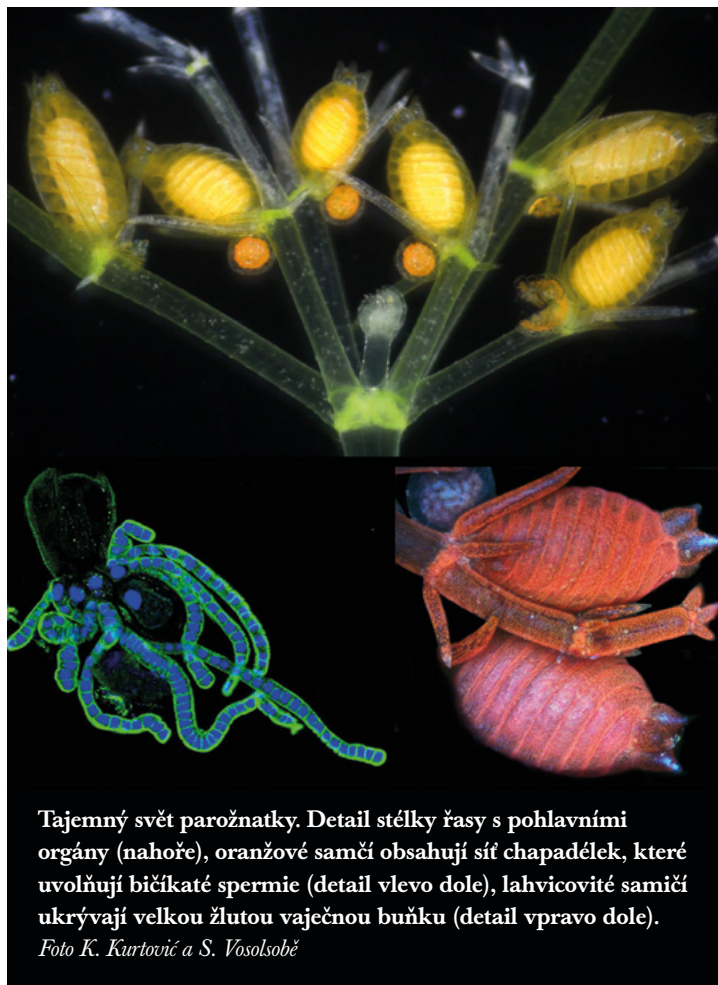
◀ Výzkum rozsívek má značný význam – díky svým vlastnostem odrážejí změny prostředí, ve kterém žijí (tj. bioindikace), a jsou dlouhodobě výborným modelovým organismem pro monitoring vývoje místních ekosystémů, které se v důsledku klimatických změn rychle mění.

Pětileťá cesta do pravěku

Několik roků trvající výzkum pomáhá odkrýt evoluční tajemství rostlin

Během přechodu z vody na souš prošly rostliny řadou vývojových inovací, které vedly k vytvoření složitěho těla. Klíčovým regulátorem jejich vývoje je fytohormon auxin, který prostřednictvím směřovaného transportu z míst syntézy rozhoduje o diferenciaci buněk rostliny a řídí její růst za světlem a dle gravitace. Vysvětlení, jak a kdy se auxin stal klíčovým hybatelem morfogeneze, přináší recentní zkoumání jejich řasových příbuzných.

„Rostliny vyšly na souš ze sladkovodního prostředí, jejich sestrami jsou spájkivé řasy a trochu vzdálenější parožnatky,“ říká Stanislav Vosolsobě, který vedl studii týkající se parožnatky *Chara braunii*, již nyní uveřejnil renomovaný britský časopis *New Phytologist*. „Parožnatka se stala první blízkou řasovou příbuznou rostlin, kterou jsme mohli začít detailněji zkoumat díky přečtení jejího genomu, na němž jsme se podíleli v roce 2018.“ Vedoucí výzkumného týmu Jan Petrášek k tomu dodává: „Třicet let jsem zkoumal, jak v rostlině funguje její klíčový hormon auxin, který teče jako signální látka z vrcholu rostliny až do špiček kořenů, a tím reguluje zakládání nových výhonů, růst i ohýbání prýtu za světlem i růst kořenů dolů. Teď se otevřela skvělá možnost, zaměřit se na řasy!“



Tajemný svět parožnatky. Detail stélky řasy s pohlavními orgány (nahore), oranžové samčí obsahují síť chapadélek, které uvolňují bičíkaté spermie (detail vlevo dole), lahvicovitě samičí ukrývají velkou žlutou vaječnou buňku (detail vpravo dole).

Foto K. Kurtović a S. Vosolsobě

Výzkum prováděla doktorandka Katarina Kurtović původem z Chorvatska, podle níž „ochočít“ nový modelový organismus nebylo vůbec jednoduché. „Už samotné pěstování parožnatky nebylo triviální – médium pro rostliny ji nevyhovuje, obsahuje moc živin. Přitom se ale nespokojí jen s prostým roztokem minerálů, jako běžné rostliny. Museli jsme jí přidávat do zkumavek sterilovaný kompost z botanické zahrady! Ani izolace jejich genů nebyla snadná. To, co

obvykle trvá týden, zabralo v jednom případě celý rok.“ Výzkum byl úspěšný díky spolupráci s kolegy z Ústavu experimentální botaniky AV ČR (Vojtěch Schmidt a Dan Nedvěd) a ze zahraničních skupin J. Frimla (Viedeň), Dolfy Weijerse (Nizozemsko) a J. Bowmana (Austrálie). Potvrdilo se, že protein PIN, u rostlin nezbytný pro řízení toku auxinu mezi buňkami, má i u parožnatky co do činnosti s auxinem a taktéž leží na plazmatické membráně. Kromě toho na přidání auxinu reagují během pár minut proteiny kinázových signálních drah, fenomén taktéž popsán z rostlin. V parožnatce se efekt projevuje okamžitým zrychlením proudění cytoplazmy v nitru buněk – mají obří buňky a nejrychlejší proudění z celé rostlinné říše, až centimetr za minutu.

Na příkladu auxinové signalizace se ukazuje, že rostliny sdílí řadu podobností s řasami, i když konkrétní role proteinů se mohou lišit. „Představte si to tak, že rostliny při přechodu na souš prostě využily toho, co bylo k dispozici, ale pro mnohé našly zcela nový účel. Jako když najdete v kůlně dílnu po pradědečkovi a místo žebříků tam stejným náradím opravujete auto,“ uzavírá Stanislav Vosolsobě. „A publikovanou studii výzkum nekončí, ve studiu buněčné biologie řas jsme v podstatě na začátku!“ ●

Rozkvetlé mandloně lákají na výlet

Nastává nejlepší období k návštěvě netradičních moravských sadů

VERONIKA RUDOLFOVÁ



a produkce stromů byla bedlivě sledována a postupně byla vybrána odrůda vhodná pro moravskou lokalitu. Dnes je to poměrně těžko představitelné, ale v době největšího rozmachu rostlo v Hustopečích více než padesát tisíc mandloní! Podobně rozsáhlé „lány“ už zde nevidíte, poptávka po mandlích nebyla nakonec taková, jakou si plánovali představovali. Dva původní obnovené sady s osmi sty padesáti vzrostlými stromy a jeden nově vysazený sad jsou ovšem stále k vidění.

Všechny jsou hospodářsky využívány a místní rodinný podnik, Hustopečská mandlárna, vyrábí různé tradiční i poměrně nečekané produkty z mandlí. Co je však pro návštěvníky nejdůležitější, mezi mandloněmi se můžete volně procházet a třeba se i porozhlédnout po okolí z rozhledny na Hustopečském starém vrchu, na němž se jeden ze sadů nachází. Za dobrého počasí se můžete občerstvit mandlovou limonádou z místní produkce, případně i něčím silnějším.

Nejmalebnejší roční doba na návštěvu mandloňových sadů je období květu mandloní, které se samozřejmě liší rok od roku. Obvykle stromy vykvétají někdy mezi polovinou března a polovinou dubna. Letos s nástupem vyšších teplot začaly kvést velice brzy, už v polovině března.

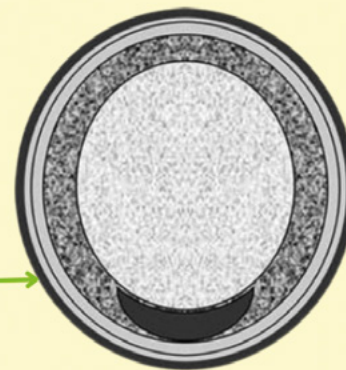
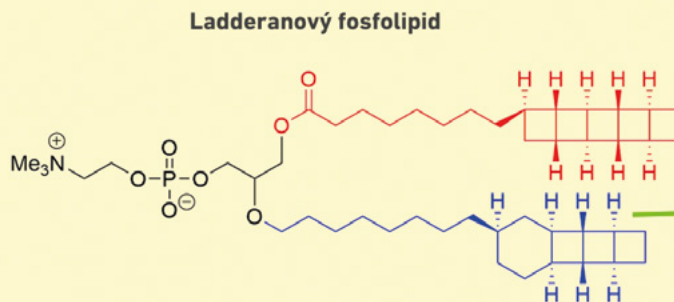
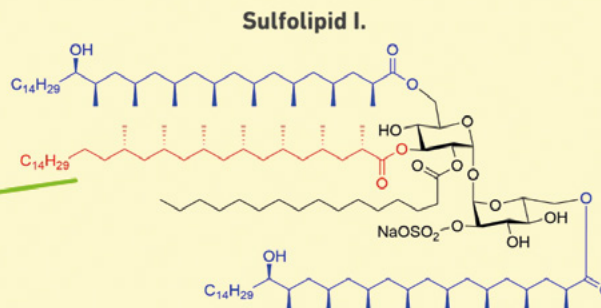
Pokud chcete, aby váš výlet byl i naučný, můžete navštívit i mandloňové arboretum, které začala Hustopečská mandlárna vysazovat v březnu 2021. V něm můžete nahlédnout do rozdílů mezi jednotlivými odrůdami mandloní a poučit se o unikátním genofondu těchto stromů ve střední Evropě. ●

V dnešní době jsme zvyklí na to, že i v našich zeměpisných šířkách se daří teplomilným rostlinám. V důsledku změn klimatu tak můžeme celoročně pěstovat venku fíky a i typicky teplomilné druhy, jako jsou třeba citrusy, musíme v létě schovávat před prudkým sluncem. Asi málokdo by ale čekal, že se u nás může setkat s celými mandloňovými sady.

Historie pěstování mandlí na našem území sahá kupodivu až do 17. století, mimořádnou dynamiku však toto odvětví nabralo v poválečném období. Z dnešního pohledu působí tento příběh mírně komicky – po druhé světové válce přišla tehdejší vláda s originální myšlenkou – mandle je

určitě výhodnější pěstovat, než dovážet. V zájmu soběstačnosti socialistického Československa bylo proto rozhodnuto o založení mandloňových sadů a ihned se začalo hledat vhodné místo, kde by se daly mandloně vysázet. Volba padla na okolí Pálavy, konkrétně poblíž obce Hustopeče, neboť tato místa patří k nejteplejším v republice. Současně nebyla zdejší půda zemědělsky využívána a nedošlo by tak k nežádoucímu záboru zemědělské plochy. Původní plány počítaly s tím, že v této oblasti budou vysázeny lesy.

Výsadba mandloní v Hustopečích začala v roce 1949 a pokračovala po několik následujících let, vždy v množství několik tisíc stromů ročně. Vitalita



Zdroj Wikimedia Commons, autor LoPorto.CC BY-SA 4.0

Neobvyklé mastné kyseliny v přírodě

Kalendář Přírodovědců

Nabízíme vám vybrané akce pro veřejnost, které se týkají přírodních věd a které většinou pořádá nebo se jich účastní Přírodovědecká fakulta UK. Pokud není uvedeno jinak, jsou akce zmiňované na této stránce zdarma.



25. – 28. DUBNA 2025 CITY NATURE CHALLENGE

Představme světu naši přírodu! Mezinárodní soutěže City Nature Challenge, která vznikla za účelem vzbudit zájem o přírodu u obyvatel velkých měst, se letos zúčastní hned několik velkých českých měst. Chcete-li se také zapojit, stáhněte si do svých mobilních telefonů aplikaci iNaturalist, zaregistrujte se a fotte živé druhy na katastrálním území daného města. Vyhrává město s největším počtem pozorování. V rámci akce proběhne ve dnech 26. – 27. 4. v Kroužkovací stanici Hostivař v Praze workshop Život v kapce vody.



28. DUBNA 2025 DEN ZEMĚ V DIDAKTIKONU

V rámci akce Den Země proběhne v Didaktikonu workshop Environmentální hry. Jedná se o interaktivní vzdě-

lávací akci zaměřenou na prohloubení porozumění ekologickým tématům prostřednictvím zábavných herních aktivit. Účastníci se seznámí s klíčovými environmentálními problémy, jako je změna klimatu, ochrana přírody a udržitelnost, a to formou her, které podporují kreativitu, spolupráci a kritické myšlení.

Čas a místo: 28. 4., 9–13h, Kampus Hyberská, Praha 1



6. – 15. ČERVNA 2025 VELKÁ VÝSTAVA BEZOBRATLÝCH

Chcete na vlastní oči vidět tvory, které jste zatím potkávali jen na stránkách knížek a časopisů? Vypravte se s námi do fascinujícího světa nepřeborných tvarů a forem českých bezobratlých živočichů. Zoologové z naší fakulty vám je ukáží zblízka a naživo. Navíc vám o nich prozradí leccos užitečného i překvapivého. Přijďte se podívat na nejrůznější druhy hmyzu, koryšů, plžů, mlžů a dalších bezobratlých živočichů!

Čas a místo: 6. – 15. 6. 2025, Botanická zahrada Přírodovědecké fakulty UK, Na Slupi 16, Praha 2, denně od 8:30 do 18:00 hodin



5. – 7. ČERVNA 2025 VELETRH VĚDY

Největší populární naučná akce v České republice, kterou každoročně od roku 2015 pořádá Akademie věd ČR. Zabývá se vědou ve všech jejích podobách a nabízí svým návštěvníkům to nejzajímavější ze světa přírodních, technických, humanitních i společenských oborů. Představuje vědu a výzkum jako fascinující a zásadní odvětví lidské činnosti. Vědu pak návštěvníci veletrhu zažijí na vlastní kůži prostřednictvím interaktivních exponátů, modelů, mobilních laboratoří a praktických dílen. Určitě si nenechte ujít stánek Přírodovědecké fakulty UK.

Čas a místo: 5. – 7. 6., 10:00–18:00, Výstaviště Praha-Letňany

Kompletní seznam aktuálních akcí Přírodovědců najdete na www.prirodovedci.cz/kalendar-akci.



Velká výstava bezobratlých

6.–15. 6. 2025

8:30–18:00



kobylka révová (*Ephippiger ephippiger*), fotografie: Mgr. Petr Šípek, Ph.D.



Přírodovědecká fakulta
Univerzita Karlova



PEDAGOGICKÁ
FAKULTA
Univerzita Karlova



ČESKÁ
SPOLEČNOST
ENTOMOLOGICKÁ



PŘÍRODOVĚDCI.CZ



AGENTURA OCHRANY
PŘÍRODY A KRAJINY
ČESKÉ REPUBLIKY



NÁRODNÍ
MUZEUM

Ministerstvo životního prostředí



Spolufinancováno
Evropskou unií