

zajímají okrasné květiny a ráda pracuje na zahradě.

### **Chtěl byste něco vzkázat mladým čtenářům Živy ve vztahu k přírodě a zvířatům?**

Aby chodili po světě s otevřenými očima a vnímali vše, co se ve světě kolem nich děje. Přitom nemusejí za emotivními prožitky a poznatky cestovat do exotických krajů, stačí sledovat bohatost života v naší

přírodě, města a jejich biotopy nevyjímaje. Vždyť – komu z nás se podaří na vlastní oči vidět třeba tok tetřívku nebo tření pstruhů? Na druhé straně i chování hejna slepic nebo domácí kočky s kofaty může přinést spoustu zajímavého. O všech přírodních jevech bychom měli přemýšlet v souvislostech. Především co se života a chování zvířat týče, neměli by se nechat ovlivnit a unést nejrůznějšími senzacními, povrchními a často i podvodnými zpráva-

mi, kterými se to dnes, zejména na internetu, hemží. Pobyt v přírodě a její poznávání mají pro nás nezastupitelnou cenu.

**Kolektiv spoluautorů: Alena Hofrichtrová, Zbyněk Šiša a Lucie Wágnerová**

Evženovi přejeme také všechno nejlepší a hodně radosti nejen z přírody – těšíme se na další setkávání nad Živou!  
Redakční rada a redakce

Petr Fajkus

## **S Jiřím Fajkusem – rozhovor vědce s vědcem a syna s otcem**

**Prof. RNDr. Jiří Fajkus, CSc., je vedoucím Mendelova centra genomiky a proteomiky rostlin a jedné z jeho výzkumných skupin na Středoevropském technologickém institutu CEITEC na Masarykově univerzitě a také Laboratoře funkční genomiky a proteomiky v Národním centru pro výzkum biomolekul na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity. Částečně působí i na Biofyzikálním ústavu Akademie věd ČR, kde v r. 1988 začínal vědeckou kariéru nejprve jako stipendista a od r. 1989 jako vědecký aspirant. Zabýval se zde studiem struktury chromozomů a chromatinu, úlohou repetitivních sekvencí DNA a epigenetikou rostlin. V rámci tohoto zaměření začal od poloviny 90. let studovat koncové chromatinové struktury chromozomů, telomery, které se postupně staly jeho hlavním výzkumným zaměřením. V r. 2021 byl zvolen členem Evropské organizace pro molekulární biologii (EMBO). Od r. 2012 je členem redakční rady Živy. V květnu letošního roku oslavil šedesátiny, požádali jsme proto jeho syna Petra, který se též zabývá studiem telomer a telomerázy, o společný rozhovor.**



Kariéru běžného vědce si lze představit jako ledovec, kdy špička nad hladinou zastupuje úspěchy a zbylou část (tedy zhruba 7/8, které jsou pod hladinou) tvoří neúspěšné experimenty, nepodpořené grantové přihlášky, zamítnuté publikace a různé časově náročné administrativní činnosti. V rámci té „úspěšné“ osminy se Jiřím podařilo založit v ČR produktivní výzkum biologie telomer a rozvíjet ho až do současnosti ve spolupráci s tuzemskými i zahraničními pracovišti. Během své výzkumné a pedagogické kariéry vychoval řadu diplomantů a 19 absolventů doktorského studia. Podílel se rovněž významně na plánování a následném založení výzkumného centra CEITEC, které se pak stalo jeho hlavním současným působištěm.

**Letos jsi oslavil významné jubileum, jak dlouho jsi vlastně ve vědě a mohl bys jmenovat alespoň tři milníky nebo osoby klíčové ve tvé kariéře?**

Měl jsem štěstí na školitele v rámci vědecké výchovy (dnes Ph.D.) Josefa Reicha, takového „hračičku“ a široce vzdělaného experimentátora se spoustou nápadů, které jsem měl já realizovat, což jsem ale většinou nestihl, protože o několik dní později přišel zase s něčím jiným (a mně zbyla plná lednice různých meziproduktů). Dále jsem měl velmi sympatického filozofujícího konzultanta doc. Milana Bezděka, prvního porevolučního ředitele Biofyzikálního ústavu AV ČR (a také člena redakční rady Živy v letech 2003–12), který mi věnoval první dýmku a zaučil mě do jejího používání (sám mi nedávno ukazoval dýmku, kterou zase jemu věnoval prof. Ferdinand Herčík, zakladatel BFÚ). Určitě byl pro mě důležitý i můj šéf na postdoktorandské stáži v kanadském Quebecu, Ronald Hancock, který byl zase odhodcencem dvojnásobného nositele Nobelovy ceny britského biochemika Freda (Fredericka) Sangera. Připomínal mi vizáží i rozvázným a laskavým vystupováním Jana Wericha. A také kouřil dýmku, takže jsem u něj mohl zužitkovat dovednosti získané na BFÚ. Později to byli spolupracovníci na společných projektech, především Ingo A. Schubert z Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) Gatersleben a Andrew R. Leitch z Queen Mary University of London, s nimiž jsme řešili evoluci neobvyklých telomer u rostlin. Tento výzkum nás dovedl nakonec až k identifikaci telomerázových RNA u rostlin. Nemohu pominout ani dlouholeté přátelství

**1** Jiří Fajkus působí v Brně na Masarykově univerzitě a Biofyzikálním ústavu AV ČR. Foto z archivu J. Fajkuse

a spolupráci s Eduardem N. Trifonovem z Weizmannova ústavu v Rehovotu, později na Haifské univerzitě, který mě nadchl svými jednoduchými (protože čistě fyzikálními) principy výpočetní predikce zakřivení DNA a polohy nukleozomů v chromatinové struktuře. Napsali jsme spolu sice jen jedinou práci – o modelu sloupcové struktury telomerového chromatinu (v r. 2001) – ale byla radost dočíst se o 21 let později, a to v prestižním časopise *Nature*, že náš model se podařilo prokázat jako správný.

Když je řeč o lidech, důležitým milníkem mé kariéry bylo, že hned od počátku mé samostatné výzkumné skupiny jsem měl štěstí na spolupracovníky – především Ph.D. studentky Evu Sýkorovou, Janu Fulnečkovou a Mirku Horákovou. Důležitým milníkem bylo jistě i to, že při prostojích v rámci postdoktorandských stáží v Quebecu (pulzní elektroforéza byla mou hlavní metodou a trvala 24 hodin) jsem v knihovně narazil na články o telomerách (ačkoli můj výzkum byl orientován na mapování smyčkového uspořádání chromatinu v jádře). Tehdy ještě nešlo o tak módní téma – pracovalo se hlavně na nálevnicích rodu vejcovka (*Tetrahymena*). Ale už se pomalu začínaly objevovat i studie na kvasinkách, lidských a rostlinných buňkách. Když mě pak kolega Aleš Kovařík po návratu požádal, abych se pokusil změřit telomery u tabáku, zapadlo to nějak do sebe s mou zkušeností s pulzní elektroforézou – ukázalo se totiž, že telomery tabáku jsou pro obyčejnou elektroforézu hodně dlouhé, a přidal jsem k tomu i analýzu chromatinové struktury na úrovni nukleozomů (spíš proto, že jsem chtěl využít, že jsem to uměl, než že bych čekal nějaký zajímavý výsledek). Ale on docela zajímavý byl, jak bylo zmíněno výše. Potom jsem se už do telomer více „zažral“ – povedlo se mi se štěstím začátečníka detekovat v r. 1996 jako prvnímu na světě aktivitu telomerázy v rostlinných buňkách. Následně jsme zjistili, že při vývoji a růstu rostlin nedochází (na rozdíl od člověka) ke zkracování telomer. Je to díky tomu, že rostliny rostou prostřednictvím dělení buněk vrcholového prýtového meristému, které telomerázu mají. Dokázali jsme ale také, že i když vezmeme buňky z listu, kde už telomeráza aktivní není, a necháme je růst na misce v podobě tkáňové kultury, tzv. kalusů, telomeráza se znovu nastartuje. A pokud z té kultury regenerujeme novou rostlinu, bude mít stejně dlouhé telomery jako rostlina, ze které jsme odebrali původní listové buňky. A to se dá opakovat pořád dokola – přičemž se telomeráza vratným způsobem startuje v dělicích se buňkách a zase umlčuje v diferencovaných buňkách a pak znovu startuje při stimulaci dělení... To bylo něco specifického pro rostliny, co člověk neumí a také i proto stárne, a co stálo za to zkoumat dál.

**Jinými slovy, telomeráza neudrhuje pouze délku telomer, ale v tvém případě i délku kariéry vědce. Technologický pokrok za posledních 10–15 let umožnil posunout nejen výzkum telomer do nejmenších molekulárních detailů a složitosti. Nabízí podle tebe výzkum telomer a telomerázy ještě nějaké klíčové objevy a zásadní nezdopovězené**



### otázky, nebo už jde jen o takové sbírání drobků?

Dařilo se nám naštěstí docela řetězit projekty na výzkum telomer a telomerázy a kombinovat je se studiem dalších faktorů ovlivňujících stabilitu genomu, studiem struktury chromatinu a epigenetických změn. Dlouho nevyřešenou záhadou byly telomery cibule a česneků (*Allium*), kterou objevil už zmíněný Ingo A. Schubert v r. 1995. V odborné literatuře se zajímavě spekulovalo o různých možných typech neobvyklých telomer a alternativních mechanismech jejich udržování u těchto rostlin a také my jsme v našem výzkumu tuto problematiku zařazovali do cílů projektů – kde zřejmě i oponentům připadala velmi atraktivní. „Bohužel“ v letech 2015–16 jste s Vratislavem Peškou tuhle sympatickou záhadu, kterou jsme si tak trochu hýčkali, rázně sprovodili ze světa. Naštěstí tím nejlepší možným způsobem, tedy tím, že jste ji vyřešili – a navíc zcela novým přístupem, založeným právě na dostupnosti masivního paralelního sekvenování a chytrém způsobu analýzy jeho výsledků. To nám následně otevřelo cestu k objevu RNA podjednotek rostlinných telomeráz (2019), poté telomeráz u široké fylogenetické „megaskupiny“ Diaphoretickes (2021) a nově také u blanokřídlého hmyzu a motýlů (2023). To sice právě tobě vykládat nemusím, spíš ti chci i na tomto místě poděkovat. Zatímco ještě nedávno byl popis telomerázové RNA u jediného organismu vzhledem ke své komplikovanosti vděčně přijímán těmi nejprestižnějšími časopisy, my jsme „trh“ zahltili v krátké době stovkami nově popsaných telomerázových RNA (i návodem, jak na to). Trochu to evokuje přirovnání Járy Cimrmana k sopce, která svou činností zasypala sama sebe. Ale rozhodně nešlo o drobků. Charakterizace telomerázové RNA u hmyzu a to, že má podobné rysy jako rostlinná (viz str. 98–101 této Živý), bylo hodně nečekaným a přelomovým zjištěním v evoluční biologii telomer.

Na úsvitu molekulární biologie telomer bylo víc zásadních otázek, které se daly vyřešit pomocí relativně jednoduchého experimentu, a tyto třešničky už jsou většinou očesané. Ale ne všechny. Např. již při prvních měřeních telomer na chromozomu

**2** Výzkumná skupina Jiřího Fajkuse na Biofyzikálním ústavu AV ČR, kolem r. 2002. Zleva Marcela Novotná, Lenka Skříšová, Tatiana Kubičárová, Petra Schrupflová, J. Fajkus, Milan Kuchař a Zuzana Kunická. Foto z archivu J. Fajkuse

**3** Zleva Petr Fajkus, Jiří Fajkus a Vratislav Peška. Foto: Středoevropský technologický institut (CEITEC) Masarykovy univerzity

mech tabáku, kterými vlastně mé angažmá v biologii telomer začalo, si nebylo možné nevšimnout, že jednotlivé telomery, odříznuté restriční endonukleázou od zbytků chromozomů (které se přitom rozsekaly na hodně krátké úseky) vykreslí v hybridizačním obrazu něco jako čárový kód – fragmenty o délkách 20–150 kb, tedy velmi různé délky na různých chromozomálních ramenech. Podobné je to i u ostatních organismů, včetně člověka. Dodnes není objasněno, jaká je molekulární příčina těchto rozdílů neboli jaký je mechanismus kontroly specifické délky jednotlivých telomer. Víme, že zde neplatí žádná úměra k velikosti chromozomů nebo chromozomálních ramen, také dost dobře neobstojí vysvětlení prostřednictvím vazby telomerových proteinů, jejichž omezené množství dokáže obsadit jen limitní délku telomer, protože ty proteiny jsou přece demokraticky dostupné všem telomerám... Ale pracujeme na tom, především kolegyně Míla Fojtová, aby i tato záhada vzala za své. Máme k tomu od přátel z Německa, Holgera Puchty a Andrease Houbena, linie rostlin, u nichž byly pomocí molekulárních nůžek CRISPR vyměněny konce chromozomů. Takže zjistíme, jestli informaci pro délku telomer nesou úseky chromozomů v bezprostředním sousedství telomer, které byly součástí výměny, a pak si i po přenesení zachová telomera svou původní délku, nebo ve vzdálenější oblasti – a pak přenesená telomera délkově napodobí původní telomeru. Tak se snad třeba brzy připravíme o další záhadu, která mě provázela dosavadní „telomerářskou“ kariérou.

**Když říkáš, že většina třešniček, tedy zásadních otázek v biologii**



### telomer, je již očesaných, jaký je tvůj oblíbený „vintage“ objev nebo odborný článek v biologii?

Těžko jmenovat jednu práci. Líbí se mi ty založené na zajímavé otázce a chytře nastaveném experimentu, který ji aspoň částečně zodpoví a posune poznání dál. Dneska v našem oboru vychází spousta článků s využitím velkokapacitních technik sekvenování genomů, transkriptomů a mapování uspořádání veškerého chromatinu v buňkách, navíc s donedávna nepředstavitelným časovým a prostorovým rozlišením. Časopisy typu Nature nebo Science to milují. Někdy mi ale připadá, že účelem byla spíš sama aplikace úžasné technologie a výzkumné otázky se k tomu vymýšlejí teprve dodatečně... Z té pozitivní stránky bych jmenoval práci Elizabeth Blackburnové (1978), která dostala od Josepha Galla geniální zadání – zjistit, jak končí minichromozomy prvoka *Tetrahymena*, kódující geny pro ribozomální RNA. Kopii těchto genů a následně minichromozomů, které z nich vznikají ve vegetativním jádře při štěpení chromozomů na jednotlivé transkripční jednotky, jsou desítky tisíc. Tím pádem šlo o skvěle vymyšlený experiment, proveditelný i v době, kdy ještě neexistovala PCR a sekvenování DNA bylo v plenkách. Nebo objev samosestřihu RNA u stejných genů a stejného prvoka, který hned v počátcích své samostatné kariéry udělal Thomas R. Cech (1982). Pro něj bylo nejtěžší uvěřit, že samotná RNA může i bez jakékoli bílkoviny provést vystřížení svého intronu. Takže ačkoli jim pokus vyšel hned napoprvé (šlo v podstatě o jednu elektroforézu RNA!), strávil pak se svým týmem hodně času hledáním něčeho, co tam vlastně najít ani nešlo, protože to tam nebylo. Ale museli přesvědčit hlavně sami sebe a následně i zbytek odborné veřejnosti, že tam žádný bílkovinný enzym není. Líbí se mi, když jde o jednoduchý pokus, který dokáže i já na první pohled pochopit, a dokonce i vysvětlit laikovi, a který má však často nepředvídané, ale o to zásadnější dopady.

**Vědecké prostředí je velmi pestré a práce vědce zahrnuje spoustu pozitivních, ale i negativních momentů. Jaká náplň práce vědce/akademika**

### je pro tebe vůbec nejunavnější (či nejvíce stresující) a jaká tě naopak nejvíce naplňuje?

Pozitivní na vědecké práci je hlavně to, že si ji do značné míry můžeš sám vymýšlet. To se netýká jen vedoucího vědeckého pracovníka, který už toho v laboratoři moc nenadělá, ale všech členů týmu – naplánovaný postup se vždycky dá (a většinou i musí) modifikovat, úplně změnit nebo aspoň vylepšit. A na to přijdeš nejspíš přímo u laboratorního stolu, kde výsledek vzniká. Proto se rád bavím se studenty a dalšími kolegy o jejich nápadech a výsledcích, i když někdy (nebo spíš často) nedopadnou podle našich představ. Doce-la rád připravuji publikace a přednáším studentům i pro veřejnost. Naopak psaní grantových přihlášek, které bývalo přípravě publikací do značné míry podobné, je pro mě v poslední době stresující. Čím dál větší prostor si v návrzích projektů vynucují povinné formální části, typu popisu zajištění rovnosti pohlaví, transparentní nakládání s výzkumnými daty nebo zajištění výběrových řízení na všechno možné. Úspěšnost v grantových soutěžích se výrazně snížila, a tato nízká šance na zajištění financí (bez kterých to bohužel nejde) je demotivující. Ještě únavnější je dokazovat opakovaně úředníkům, že jsem peníze z grantu využil hospodárně a efektivně a že jsem skutečně pro daný výzkum potřeboval nakoupit v poslední etapě projektu 60 000 pipetovacích špiček nebo 40 000 eppendorfků. Při vši skromnosti se domnívám, že po více než 30 letech práce v oboru bych si kousek té důvěry zasloužil, i ostatní vědci. Náročné mohou být i různé schůzky a vnitroinstitucionální politika, kde se v naší branži intrikuje někdy možná víc než v jiných. Zažil jsem to na akademickém i univerzitním pracovišti. Vzdělaní lidé, když se začnou hádat, jsou do toho schopni investovat skutečně hodně a všechno ostatní pak jde stranou...

**Dříve jsi ještě vedle vědy působil v Českém filharmonickém sboru Brno a bývalém divadelním spolku Slawjena, kde ses v obou případech věnoval zejména zpěvu. Hypoteticky, kde by sis chtěl zazpívat a jakou píseň a s kým?**

Pokud bych měl říct něco aspoň hypoteticky ještě uskutečnitelného, tak bych si rád zazpíval se svou od mládí nejoblíbenější brněnskou rockovou skupinou – Progres 2. Ale rád si zazpívám s kýmkoli, kdo je ochoten k tomu třeba zahrát na kytaru, nejradši s „bývalými“ kamarády ze zmíněné Slawjeny.

### Srovnáš-li ze svého pohledu situaci ve vědě v počátcích kariéry a nyní, dokážeš ve stručnosti identifikovat zásadní rozdíly/změny? Vidíš nějaký prostor, co by se mělo, nebo dalo zlepšit?

O grantech už byla řeč výše. Celkově mi připadá, že je nyní ve vědě podstatně tvrdší soutěž, méně kolegiality v rámci oboru – lidé mají víc před očima soutěž o peníze a ostatní v ní jsou buď spolupracovníci, nebo konkurenti. Ani na konferencích si většinou netroufnou hovořit o výsledcích, které nemají už přijaté nebo aspoň odeslané k publikaci, aby jim to snad někdo ještě před nosem „nevyfoukl“. Na druhé straně, česká věda je rozhodně dnes mnohem úspěšnější a viditelnější v mezinárodním srovnání, než byla před 30–35 lety. České týmy jsou nejen vyhledávanými partnery společných výzkumných projektů zahraničních pracovišť, ale řadu projektů přímo vedou a mají v nich dominantní myšlenkový přínos. Zlepšit by se toho dala spousta... Je jasné, že základním výzkumem se nemůže živit většina společnosti. Ale současná neutěšená situace s financováním výzkumu vede až k rozvratu fungujících vědeckých týmů a jednoduše k tomu, že i výrazně talentovaní mladí lidé přestávají v této práci vidět reálnou životní perspektivu a odcházejí za něčím jistějším.

### Vrátíš-li se zpátky do doby, než jsi začal studovat vysokou školu nebo doktorát, jakou jinou profesi bys asi dělal či chtěl dělat a vybral by sis vědu znovu?

Kdybych se rozhodl zase v té době, tak bych si asi vybral totéž. Kdybych se rozhodl dnes, volil bych „univerzálnější“ vzdělání z hlediska uplatnění – např. medicínu nebo informatiku. Protože i po vystudování medicíny můžeš dělat výzkum, ale není to skoro jediná možnost práce v oboru jako v případě přírodních věd. A všude slyšíme a vidíme, že lékařů je nedostatek, lidé i politici (většinou také lidé) vnímají, že je potřeba, a váží si jich. Podobně dobrý informatik se uplatní skvěle ve výzkumu i ve firmě, případně ve firemním výzkumu a vývoji. Firemního výzkumu v biologických oborech u nás bohužel zatím moc není.

**Děkuji ti za rozhovor, na rozdíl ode mě ještě patříš do generace, na kterou, pokud bude chtít odejít do penze, v 65 letech čeká starobní důchod, tudíž bych ti rád k narozeninám kromě pevného zdraví popřál, aby se ti podařilo navázat na vědecké úspěchy i v této etapě tvého bádání.**

S přáním všeho nejlepšího a hodně radosti nejen z další vědecké práce se připojuje i redakční rada a redakce Živý.