



Přírodovědecká fakulta
Univerzita Karlova

Vrátili jsme se z pětileté cesty do pravěku, líčí vědci z Univerzity Karlovy!

“Lék na rakovinu ani levnější chleba to nepřinese: výzkum, který naplňuje jedinou věc, odvážnou lidskou touhu cestovat do minulosti”, shrnuje Stanislav Vosolsobě z Přírodovědecké fakulty UK v kostce výzkum, jehož výstupem je odborný článek v renomovaném britském časopise New Phytologist.

Cestování do minulosti za poznáním dávno vyhynulých organismů, není v poslední dekádě fantazií, ale realitou! Vděčíme za to pokrokům biologie. Zkameněliny samozřejmě znají lidé od pradávna. Ty byly nejen zdrojem poznání, ale i mnoha mýtů. A to i v paleontologii. Fosilie je sice unikátní doklad, ale asi podobné výpovědní hodnoty, jako fotka usměvavých vojáků z fronty, co jsme našli v krabici po pradědečkovi na půdě: víme, co přesně se dělo v onu jedinečnou chvíli, ale již nezjistíme, co se dělo předtím a potom... Zkameněliny vznikají zpravidla náhodnými procesy, třeba jako při pohřbení Pompejí výbuchem Vesuvu - dávají nám jedinečný podrobný obraz, ale už neposkytují třeba kontext nezbytný pro rekonstrukci evolučních procesů.

Existuje však nezávislý přístup k zkoumání minulých procesů, takzvaná evolučně-vývojová biologie. Ta zkoumá žijící organismy z různých skupin, v našem případě rostliny a řasy, a porovnává, jaké mají sdílené fyziologické znaky. To, co mají společného, se vyskytovalo velmi pravděpodobně i u jejich předka, který žil před půl miliardou let na přelomu starohor a prvohor, což byla přelomová epocha, kdy vznikly jak rostliny, tak i živočichové a houby, a společně začali osídlovat souš.

V intencích evolučně-vývojové biologie se vědci nad rekonstrukcí minulosti zamýšleli již v 19. století, ale pitevní miska a lupa nebyly dostatečným vybavením, aby se dal zjistit dostatek detailů pro vzájemné porovnávání organismů. Navíc mnoho společných znaků může vzniknout takzvanou konvergencí, příkladem je podobnost mezi rybami a vodními savci (velryby, delfíni,...). Ale až metody 21. století, založené na přečtených sekvencích genů, umožnily studium do nesrovnatelně větších detailů a spolehlivou detekci konvergenčních znaků. S nimi se otevřela nová éra cestování v čase!

“Rostliny vyšly na souš ze sladkovodního prostředí a jejich sestrami jsou spájkivé řasy (například šroubatky) či parožnatky,” přibližuje Vosolsobě. ***“Parožnatka se stala první sestrou***

rostlin, kterou jsme mohli začít zkoumat, díky přečtení jejího genomu, na kterém jsme se podíleli v roce 2018. Tím se odstartovala možnost jejího detailního studia.” Vedoucí výzkumného týmu, Jan Petrášek, pokračuje: “Dvacet let jsme zkoumali, jak v rostlině funguje její klíčový hormon, auxin. Ten teče jako signální látka z vrcholu rostliny až do špiček kořenů a tím reguluje zakládání nových výhonů, růst i ohýbání prýtu za světlem, a růst kořenů dolů. Tento výzkum má u nás stoletou tradici, náš profesor Bohumil Němec byl jedním z prvních na světě, kdo se tomu systematicky věnoval.” S. Vosolsobě doplňuje: “Auxin takto funguje u všech rostlin, včetně mechů. Z toho vyplývá, že když zjistíme, z čeho se tato regulace odvodila, pochopíme evoluci rostlin! Sice nebudeme přesně vědět, jak předchůdkyně rostlin vypadaly, ale budeme vědět, jak pravděpodobně fungovaly. A to je cennější, než sebelepší zkamenělina!”

Naprostou většinu výzkumu provedla v týmu doktorská studentka Katarina Kurtović. “Předtím absolvovala agronomicky orientované studium v Chorvatsku, takže evoluce hormonální regulace pro ni byl nový vesmír. Navíc záhy udeřila pandemie. Lockdown ale využila k tomu, že se za pár týdnů naučila plyně česky! Z toho jsme viděli jsme, že Katarina má odhodlání a trpělivost, které je pro doktorské studium nejdůležitější.” Pandemie ale nebylo jediné úskalí během projektu, jak Jan Petrášek dále vzpomíná, “parožnatku jsme si objednali z Japonska. Skončila zablokovaná na celnici a já musel jet na Ruzyni se všemi dokumenty, včetně kopie zakládací listiny Univerzity od Karla IV.!” Ani následující pěstování parožnatky nebylo triviální, jak popisuje Kurtović: “*Médium pro rostliny ji nevyhovuje, má moc živin, přitom se ale nespokojí jen s prostým roztokem minerálů, jako běžná rostlina. Museli jsme jí přidávat do zkumavek sterilovaný kompost z botanické zahrady! Ani izolace jejích genů nebyla snadná. To, co by trvalo obvykle týden, zabralo v jednom případě celý rok. Pak se čtyři roky studia vůbec neznají dlouhé.*” Parožnatky navíc potřebují i specifické osvětlení. “*Zkonstruovali jsme si sofistikované kultivační boxy z obyčejné lednice a LED-pásků a tak ušetřili stovky tisíc z peněz, co nám poskytla grantová agentura ČR a Univerzity Karlovy,*” doplňuje Vosolsobě.

Jak popsala Kurtović, projekt se neustále rozrůstal a nebylo by v moci jednoho člověka ho dokončit. Spolupracovali jsme tak s kolegy u Ústavu experimentální botaniky AV ČR, kteří měřili obsah hormonů v parožnatce. Také nám potvrdili, že protein zvaný PIN, který je příbuzný rostlinným přenašečům auxinu z buněk a který jsme z parožnatky izolovali, má také co do činění s auxinem. V tomto případě se nepracovalo jen s parožnatkou - protein jsme vložili genovou manipulací do tabákových buněk a k nim pak přidali radioaktivně značený auxin a pak měřili, jak to ovlivňuje akumulaci radioaktivity v těchto buňkách. To je léta zavedený systém, kdy tabákové buňky používáme jako “živé zkumavky”! Kolegové z Vídně a z Austrálie pak prokázali, že je protein PIN dokáže být na membráně buněk v rostlinách i mechorostech, tím se podobá těm rostlinným. Ale na druhou stranu už nedokáže nahradit funkci rostlinám vlastních proteinů, pokud byly odstraněny mutací. Nakonec přátelé z Holandska ukázali, že na přidání auxinu k parožnatce reagují během pouhých dvou minut proteiny ze stejných signálních drah, které jsou zcela fundamentální pro funkci živočišných buněk. V parožnatce se efekt projeví okamžitým zrychlením proudění v nitru buněk - ač jsou rostliny na první pohled statické, v jejich buňkách vše proudí, aby se dostaly potřebné látky na správná místa. Parožnatky jsou rekordmanky, mají obří buňky a nejrychlejší proudění z celé rostlinné říše, až centimetr za minutu, což na poměry mikrosvěta není málo! Shrme-li výsledky, ukazuje se na příkladu auxinové regulace, že rostliny sdílí řadu podobností s řasami, ale konkrétní funkce proteinů se mohou lišit. “*Představte si to tak, že*

rostliny při přechodu na souš prostě využili toho, co bylo k dispozici, ale pro mnohé našly zcela nový účel. Jako když najdete v kůlně dílnu po pradědečkovi a místo žebříňáků tam stejným náradím opravujete auto,” uzavírá Stanislav Vosolsobě. “A publikovanou studií výzkum nekončí, ve studiu buněčné biologie řas jsme v podstatě na začátku!”

Odkaz:

Kurtović, K., Vosolsobě, S., Nedvěd, D., Müller, K., Dobrev, P.I., Schmidt, V., Piszczek, P., Kuhn, A., Smoljan, A., Fisher, T.J., Weijers, D., Friml, J., Bowman, J.L. and Petrášek, J. (2025), The role of indole-3-acetic acid and characterization of PIN transporters in complex streptophyte alga *Chara braunii*. *New Phytol.* <https://doi.org/10.1111/nph.70019>



Picture 4: Parožnatka *Chara braunii* má velmi složitě utvářené reprodukční orgány, což již po staletí vedlo botaniky k tomu, že ji řadili do blízké příbuznosti rostlin. Nyní se ukazuje, že tyto

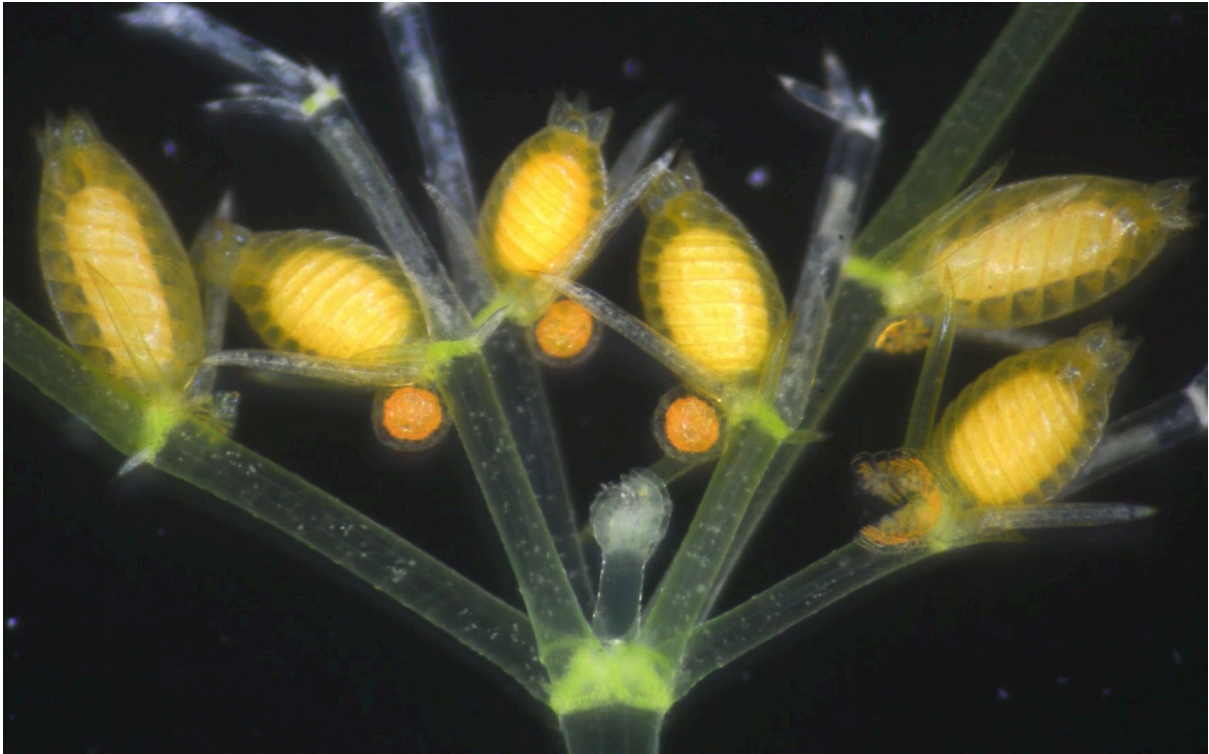
struktury vznikly zřejmě nezávislou evolucí. Obrázek složen ze snímků z konfokálního mikroskopu. S. Vosolsobě



Picture 3: Chapadélka parožnatky *Chara braunii*. Tuto “chobotnici” nalezneme uvnitř samičích rozmnožovacích orgánů. Modře zbarvená jádra buněk se po krátké době promění v bičíkaté pohlavní buňky. Snímek z konfokálního mikroskopu. K. Kurtović.



Picture 2: Svět řas z nejbližšího příbuzenstva rostlin. Všechny můžeme nalézt v našich potocích a tůních. Mezi větvemi parožnatky *Chara* se proplétají vlákna šroubatky *Spirogyra* a v horní části obrázku plave krásivka *Euastrum*. Kresba S. Vosolsobě



Picture 1: Detail větví parožnatky. Každý segment tvoří jedna obří buňka a drobné částice v jejím nitru jsou v neustálém pohybu. Velké žluté útvary obsahují vaječné buňky, menší oranžové praskají a uvolňují samčí pohlavní buňky. Snímek ze světelného mikroskopu. S. Vosolsobě.