

Ví rostlinná buňka, kde je nahoře a kde dole?

Z hormonálního světa rostlin

Vesmír: *V základních učebnicích biologie se můžeme dočíst, že J. Sachs již koncem 19. století u rostlin předpokládal tvorbu orgánotvorných substancí. Koncem dvacátých let minulého století se badatelé zaměřili na růstové látky, kterým se začalo říkat rostlinné hormony – fytohormony. Je pro ně typické, že již v nízkých koncentracích vyvolávají určité fyziologické reakce. Dnes je jich známo mnoho, ví se hodně o jejich fungování, ale hodně toho ještě nevíme. V titulku jedné z mnoha vašich prací se píše ...proč rostlinné buňky nestojí na hlavě – nejspíš za tím budou rostlinné hormony. Proč tomu tak je?*

E. Z.: Část otázky musím upřesnit: Práce, kterou zmiňujete, není jen mou prací, naopak, je to jakýsi „manifest“ mnoha autorů, který byl napsán prvním autorem¹ a „spolupodepsán“ autory dalšími včetně mne. Tímto manifestem jsme reagovali na používání anatomické nebo embryologické terminologie ve vztahu k polaritě u rostlin – tedy při označování relativní polohy buněk v rostlinném těle. Ale máte pravdu – skutečně „jsou za tím rostlinné hormony“, jmenovitě jeden z nich – *auxin*. Tento nejdéle známý rostlinný hormon (nebo růstový regulátor rostlin

– podle některých kolegů je termín „rostlinný hormon“ či „fytohormon“ zavádějící) má totiž jedno specifikum: Je v rostlinném těle transportován i na dlouhou vzdálenost (např. z mladých listů do špičky kořene), a co víc – jeho transport je polární (má jasně daný směr). Směr transportu (nebo také toku) auxinu je určen polohou specifických proteinů-transportérů, které přenášejí molekuly auxinu ven z buňky. Z fyzikálně-chemických důvodů je to právě přenos molekul auxinu ven z buňky, který je klíčový pro tok auxinu mezi sousedními buňkami. Pokud jsou tedy příslušné transportéry v sousedních, nad sebou ležících buňkách umístěny vždy na stejném místě, například (vůči špičce kořene) na jejich spodní straně, pak bude tok auxinu směřovat ke špičce kořene. Vše nasvědčuje tomu, že jsou to právě směr a intenzita toku auxinu z buňky do buňky, které poskytují i poměrně vzdáleným buňkám jak pozici, tak časovou informaci. Tím pomáhají koordinovat nejen jejich další vlastní vývoj, ale následně i vývoj celé rostliny.

Na rozdíl od živočichů žije většina rostlin přisedlým způsobem a s měnícími se okolními podmínkami se vyrovnává především změnou svého růstu (živočichové reagují především svým chováním – mohou před nepříznivými podmínkami „utéci“). Příkladem změny růstu rostlin na základě změny okolních podmínek může být např. jejich reakce na působení světla či gravitace. Jistě si většina z nás někdy všimla, jak kořen „obrosté“ kolem kamene, který se mu postavil do cesty, a pokračuje v růstu směrem ke středu Země. A jsme zpátky u auxinu a jeho polárního transportu: Ve špičce kořene se po změně směru gravitačního působení změní i umístění transportérů, které vynášejí molekuly auxinu ven z buňky. Výsledkem jejich „přesídlení“ je změna směru toku auxi-



Doc. RNDr. Eva Zažímalová, CSc., (*1955) vystudovala biochemii na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Zabývá se mechanismy transportu auxinů a cytokininů přes plazmatickou membránu, systémy přenašečů auxinu a jejich regulace, přenosem auxinových signálů a úlohou těchto procesů v regulaci buněčného dělení i polárního růstu. Je spoluautorkou mnoha publikací ve významných časopisech (*Nature, Science, Plant Physiology* ad.), a to včetně průlomových prací a přehledových článků shrnujících poznatky oboru. Vede Laboratoř hormonálních regulací u rostlin v Ústavu experimentální botaniky AV ČR, v. v. i., jehož je od r. 2007 ředitelkou.

nu a následná asymetrická distribuce auxinu v protilehlých částech kořene. Jejím důsledkem je asymetrický růst – buňky kořene rostou více tam, kde je koncentrace auxinu nižší. Viditelným důsledkem těchto změn v toku auxinu vyvolaných gravitací je ohyb kořene a jeho další růst ve směru gravitačního vektoru. Rostlinné buňky či orgány tedy opravdu nestojí na hlavě – polární transport auxinu by jim to nedovolil.

Vesmír: *Auxin je jedním z mnoha fytohormonů, můžete uvést některé další?*

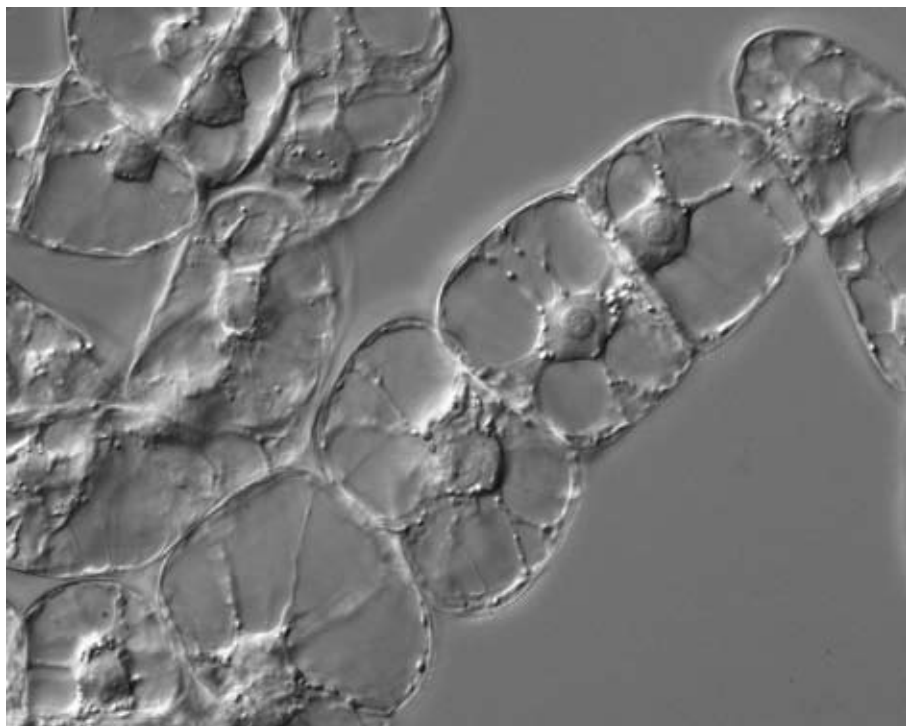
E. Z.: Auxiny samozřejmě nejsou jediné regulátory růstu rostlin. Obecně se dá říci, že v rostlině probíhá velmi málo procesů, na jejichž regulaci by se podílel jen jeden typ fytohormonu. Dalšími fytohormony jsou např. cytokininy, gibbereliny, kyselina abscisová, etylen (což je snad jediný známý plynný „hormon“), brasinosteroidy, kyselina salicylová, kyselina jasmínová (někdy označovaná také jako jasmonová) a další. Někdy jsou mezi fytohormony zahrnovány také polyaminy, některé fenolické látky a mnoho dalších sloučenin, které se podílejí na regulaci více či méně specifických procesů. Naše znalosti o růstových regulátorech rostlin se stále rozšiřují a v podstatě každý rok se objevují další kandidáti.

Vesmír: *Vraťme se ještě k auxinu. Známe molekuly, které se podílejí na jeho fungování, přechodu přes buněčnou membránu, víme o genech a jejich produktech, jež s ním nějak souvisejí – tady bychom se však pohybovali ve spleti záhadných názvů, v kódu specialistů. Dotkl se výzkum auxinu i evolučních hledisek – přinesl něco nového v pohledu na vývoj rostlin, nebo jen potvrdil dosavadní znalosti?*

E. Z.: Výzkum auxinu sám o sobě dosud nic zásadního v pohledu na evoluci rostlin nepřinesl, ale tento potenciál tady je. Přesněji řečeno, v tomto případě by ani tak nešlo o výzkum auxinu jako takového, ale o výzkum proteinů, které se účastní například jeho metabolismu, podílejí se na jeho transportu nebo na přenosu jeho signálu, a hlavně o výzkum evoluce genů pro tyto proteiny. S trochou nadsázky se dá říci, že „zavedení“ regulační molekuly (v tomto případě auxinu), jejího kontrolovaného transportu mezi různými buňkami (a později pletivy či orgány) a signálního systému, který je na tuto molekulu schopen reagovat, mohlo významně přispět k dalšímu rozvoji příslušných organizmů. Představovalo totiž evoluční výhodu z hlediska koordinace vývoje různých částí vícebuněčného organismu, a tím i lepší možnost reakce na vnější podmínky. Stále se rozšiřující počet genů, jejichž sekvence je známá, a stále „plnější“ databáze těchto sekvencí jsou „zlatým dolem“ pro takové studie, a ty jistě v budoucnu přinesou zajímavé poznatky.

Vesmír: *Co vás přivedlo ke studiu rostlinných hormonů a co by vám udělalo radost, kdyby „se na to přišlo“?*

E. Z.: Ke studiu rostlinných hormonů mne přivedla shoda náhod. Vystudovala jsem biochemii a chtěla jsem v tomto oboru pracovat i v rámci postgraduálního studia. Vždy mne lákalo studium vlastností



a funkce proteinů. Proto jsem se přihlásila do konkurzu na aspiranturu v Ústavu experimentální botaniky, na studium receptorů pro rostlinné hormony. Při své aspiranture jsem se začala věnovat výzkumu předpokládaného receptoru pro auxin (proteinu ABP1) na membránách rostlinných buněk. Od této problematiky byl jen malý krůček k obecnějšímu zaměření na auxin a částečně i na další rostlinné hormony – hlavně na cytokininy, na regulaci jejich hladin v buňce a následný výzkum proteinů podílejících se na regulaci jejich transportu přes plazmatickou membránu. Nicméně již zmíněný protein ABP1 je pořád tak trochu záhadou, navzdory tomu, že se jeho studiem zabývalo a zabývá několik výzkumných týmů po celém světě. Stále není jasné, jaká je jeho funkce, a já se těším, až „se na to přijde“ – tedy na to, co vlastně protein ABP1 v rostlinné buňce dělá a jak to dělá.

Vesmír: *Vedení ústavu je především úředničina, vyjednávání, řízení, dohadování... Nebojíte se, že tím vaše badatelská práce utrpí?*

E. Z.: To se opravdu bojím a jenom doufám, že s pomocí kolegů z našeho týmu se mi podaří alespoň trochu ve vědecké práci „držet krok“.

Vesmír: *Děkujeme za rozhovor.*

/Za Vesmír se ptal Stanislav Vaněk./

Poznámka: Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i., se představil v listopadovém Vesmíru, kde naznačil celou šíři řešené problematiky. Když jsme tuto prezentaci připravovali – jak už to v redakci často chodí – na poslední chvíli, zavolal jsem paní ředitelce požadavky na obrazovou dokumentaci a za půl hodiny jsem byl v ústavu. Všichni měli již vše připraveno, dýchl na mne řád, zájem, pořádek, zaujetí. Klobouk dolů! /sv/

Při studiu mechanismu polárního transportu auxinu se jako jeden z experimentálních materiálů používají buňky tabáku (Nicotiana tabacum) linie BY-2.

Na fotografii pořízené světelným mikroskopem Nikon Eclipse E600 při zvětšení 400x, s použitím Nomarského diferenciálního interferenčního kontrastu, jsou tabákové buňky v exponenční fázi růstu. Aktuální zvětšení obrázku je 900x. Snímek © Daniela Seifertová, ÚEB AV ČR, v. v. i.

1) Jiří Friml, Philip Benfey, Eva Benková, Malcolm Bennett, Thomas Berleth, Niko Geldner, Markus Grebe, Marcus Heisler, Jan Hejátko, Gerd Jürgens, Thomas Laux, Keith Lindsey, Wolfgang Lukowitz, Christian Luschnig, Remko Offringa, Ben Scheres, Ranjan Swarup, Ramón Torres-Ruiz, Dolf Weijers, Eva Zažímalová: Apical-basal polarity: why plant cells don't stand on their heads, Trends in Plant Science 11, 12-14, 2006/1.

2) Vesmír se dosud této problematice věnoval jen minimálně: Vesmír 76, 56, 1997/1 (auxin), Vesmír 75, 413, 1996/7 (fytohormony).