

## Je houbový taxol podvod?

Podle literatury to vypadá, že taxol, strukturně složitý diterpen (obr. 3), extrémně složitý na biosyntézu, je poměrně častý houbový metabolit. Navíc je rozšířený například řadou velmi nepříbuzných druhů. Zde jsme shrnuli kritiku tohoto tvrzení. První objev v r. 1993 byl založen na v podstatě neměřitelné produkci 50 ng/l, ověřené z dnešního pohledu nedostatečnou metodikou. Obdobně následující práce prezentují buď nepřesvědčivé, či přímo podezřelé výsledky. Lze tedy říci, že taxol u hub je podvod?

Bez možnosti reprodukovat výsledky s autentickými kmeny, kde je deklarována větší produkce taxolu, to tvrdit nelze. Navíc je houbová produkce komplexních a minoritních látek velmi nestabilní – po čase uchování v kultuře může mizet, což dále ztěžuje ověření. Je ale velmi pravděpodobné, že k ověřování výsledků došlo a dochází. Tedy konkrétně ze strany farmaceutických firem, které od daných kmenů patrně daly ruce pryč a výsledky nemají důvod zveřejňovat. Publikace negativních výsledků představuje obecně problém, protože o ně časopisy nemají zájem.

Příběh o taxolu je tedy spíš varováním před unáhlenými závěry a zdůrazňuje potřebu kritického myšlení a důkladného ověřování vědeckých objevů. To, co bylo na začátku prezentováno jako hypotéza (např. horizontální přenos genů), je v dalších publikacích, které tvrzení přejímají,

uváděno jako fakt. Jakmile totéž převezmou stovky prací, hypotéza se stává neotřesitelnou realitou. Stejně tak se autoři odkazují na předešlé práce, které používají nedostatečnou metodiku, čímž ospravedlňují použití téže nesprávné metodiky. To, že originální práce vyšly před dávnými roky nebo v časopisech bez řádného recenzního řízení, už málokdo dohledává. A opět, stovkami následných citací se daný postup kodifikuje a stává normou. Originálních publikací o taxolu z hub je pouze několik set. Další tisíce však citují příběh taxolu jako důkaz úspěchu mykologie a bioprospekce, a ospravedlňují tím svůj výzkum. Jak přibývá originálních prací, je potřeba psát stále nové přehledové články o obrovském potenciálu taxolu z hub. Editoři časopisů se radují a podobné příspěvky rádi přijímají, protože zaručují dobrou citovanost. Autoři jedoucí na taxolové vlně, kde je hlavní získání publikací a citací, a tedy grantů, peněz a prestiže, pak nemají moc času na zamyšlení a čtení předešlých prací. Tuto ledabylost bych demonstroval konkrétním příkladem. Naše práce Tian Cheng a kol. (2022) poukázala na kontroverze ohledně taxolu. Článek nasbíral zatím 10 citací, skoro z poloviny z nich ale nemůžeme mít radost, protože odkazují na něco, o čem vůbec nepíšeme, popřípadě to zcela překrucují (bližší viz Stadler a Kolařík 2024). Zmínil bych práci Mahendry Raie a kol. (2023), která náš článek o taxonomii *T. andreae* cituje jako důkaz, že houbový rod

*Phoma* produkuje taxol. V našem textu se ale slovo *Phoma* nevyskytuje. Práce Kamalraje Subbana a Franka Kempkena (2022) nás zase uvádí jako důkaz přítomnosti genů pro syntézu taxolu v genomu neurčeného kmene *Fungal sp.* EF0021, který jsme prý izolovali z tisu a sekvenovali jeho genom.

## Poděkování houbovému taxolu

Ať je houbový taxol virtuální, nebo skutečný, přes výše uvedená negativa v pozitivním slova smyslu zásadně pomohl rozvoji mykologie. Díky tomu bylo možné financovat studium endofytních i jiných hub a taxolem doložit širší dopad a aplikační potenciál, tedy nezbytné položky každé grantové žádosti. Tento boom pomohl nejen při hledání nových biologicky aktivních látek, ale také studiu diverzity, taxonomie a chemické ekologie. Leckterý obor by mohl taxol mykologům závidět. Je faktem, že na studium organismů s malým významem pro lidstvo se velmi obtížně shánějí finance a jsou jen minimálně prozkoumány. Představte si, kdyby se něco podobného našlo u hlenek, mechorostů nebo třeba chvostoskoků?

Článek vznikl s podporou Strategie AV21 Akademie věd ČR, programu Mycolife – svět hub a projektu MYCOBIOMICS financovaného programem H2020-MSCA-RISE.

Použitou literaturu uvádíme na webových stránkách Živý.

Lubomír Adamec

ZAUJALO NÁS

## Negativní vlivy nanoplastů na metabolismus bublinatky obecné

Nanoplasty jsou syntetické polymery s částicemi menšími než 1  $\mu\text{m}$ . Jejich přítomnost v mořských, sladkovodních i suchozemských ekosystémech vede k účasti téměř ve všech potravních řetězcích. Staly se jedním z hlavních globálních problémů životního prostředí.

Mikroskopická velikost umožňuje nanoplastům procházet biologickými bariérami a vstupovat do buněk a vysoký poměr povrchu ku objemu zvyšuje jejich reaktivitu. Současné studie naznačují, že nanoplasty jsou imunotoxické, neurotoxické, metabolicky, endokrinologicky i vývojově toxické a způsobují poškození orgánů i změny chování živočichů. Chronické vystavení nanoplastům může negativně ovlivnit i příjem potravy, což může mít vliv na plodnost a růst. Nanoplasty se snadno spojují s planktonem a rozptýlenými částicemi, a jsou tak dostupnější pro filtrující organismy.

Navíc se obohacují znečišťujícími látkami, jako jsou herbicidy, pesticidy a antibiotika, a podporují jejich příjem a hromadění v rostlinách, což vytváří základ pro zapojení nanoplastů do potravních řetězců, a tím i nebezpečí pro lidskou výživu. Jedním z nejčastějších plastů je polystyren, který převládá ve znečištění v mnoha řekách i ve výtocích z čističek odpadních

vod. Několik studií prokázalo negativní fyziologické účinky nanoplastů (zejména z polystyrenu) na suchozemské, zvláště užitkové rostliny – např. hromadění reaktivních forem kyslíku (ROS) silně zpomalující růst a vývoj semenáčků anebo poruchy transpiračního toku. Ponořené vodní rostliny jsou přímo vystaveny působení nanoplastů, ale účinky na vodní rostliny i ekosystémy nejsou dosud jasné, přestože byl prokázán vliv na růst zákrutichy *Vallisneria spiralis* (Zhang a kol. 2022).

Yang Liu se spolupracovníky ze Státní univerzity a Čínské akademie věd v Pekingu sledovali růstové a fyziologické účinky nanoplastů u modelové vodní masožravé rostliny bublinatky obecné (*Utricularia vulgaris*), která se spolu s příbuznými druhy vyskytuje i v Evropě. Její vrcholové části prýtu dlouhé 10 cm byly pěstovány 15 dní v klimatizované komoře v malých akváriích v 10 $\times$  ředěném minerálním živném roztoku s přidávkem polystyrenového nanoplastu o velikosti kuliček přesně 0,50  $\mu\text{m}$  v dávkách od 0 do 10 mg/l, odpovídajících výskytu nanoplastů ve vodách. Jak bývá bohužel špatným zvykem v podobných růstových pokusech, autoři opomněli obohatit vodu  $\text{CO}_2$ , takže rostliny trpěly jeho silným nedostatkem a růst byl obecně veli-

ce pomalý. Zjistili, že kuličky polystyrenu byly pohlcovány pastmi a z nich se dostávaly i do stonků a listů. Po 15 dnech se projevil snížení vrcholového růstu až o 73 % a přírůstek biomasy až o 60 % proti kontrole, ale obsah chlorofylů *a* a *b* se snížil jen o 28 %. Rostliny vystavené vyšším dávkám nanoplastu zřetelně trpěly oxidativním stresem, jak bylo možno soudit ze silně zvýšené hladiny malonyldialdehydu (produktu peroxidace membránových lipidů), peroxidu vodíku i aktivit trojice antioxidačních enzymů (katalázy, peroxidázy a superoxid dismutázy). Zvýšená hladina toxického peroxidu vodíku jako jedné z forem ROS dobře vysvětlovala, že rostliny ve vodě s nejvyšší dávkou nanoplastu měly tenké listy a odpadávaly jim pasti, takže předčasně zestárlý. Analýza prokázala z 548 nalezenejších metabolitů 291 se změněnou hladinou po vystavení nanoplastu – 25–34 % zjištěno ve vyšších a 32–40 % ve snížených hladinách. Byly porušeny důležité metabolické dráhy jako Krebsův cyklus a biosyntéza mnoha aminokyselin. Rostliny huře přijímaly z vody dusík a fosfor, což by na ekosystémové úrovni znamenalo sníženou schopnost porostů bublinek přispívat k samočištění vodního prostředí.

Vystavení bezkoženných bublinek dávkám nanoplastů, které se běžně vyskytují ve vodním prostředí, vede k výraznému zpomalení jejich růstu a k poruchám látkového i energetického metabolismu. Zapojení této biomasy rostlin do potravních řetězců pak přenáší toxické působení nanoplastů na řadu jiných organismů a projev se i ve fungování vodních ekosystémů. [Water Research 2022, 227: e119339]