

Mikroroboti proti bakteriím i rakovině

Čeští vědci vyvíjejí chemické roboty, kteří najdou uplatnění v medicíně, v zemědělství i při těžbě nerostných surovin

EVA VLČKOVÁ

Šetrnější antibiotika, účinnější postřiky zemědělských plodin nebo nové možnosti čištění životního prostředí. To jsou jen některé z možností, jak se mohou uplatnit chemičtí roboti, na jejichž vývoji pracuje tým docenta Františka Štěpánka z VŠCHT Praha. Před pěti lety se stal prvním Čechem, který získal prestižní grant Evropské výzkumné rady (ERC), nyní se jeho projekt chýlí ke konci. Výsledky český vědec představil na setkání ERC ve Vědeckotechnologickém ústavu IST Austria ve Vídni.

Myšlenka chemických robotů je poměrně jednoduchá: jsou to mikroskopické částice s polopropustnou membránou, které připomínají živé buňky. Stejně jako ony mají uvnitř několik součástí obsahujících různé chemické látky. Roboti reagují na chemické signály ve svém okolí, takže se všechny na povel pohybují určeným směrem – podobně jako třeba hejno hmyzu nebo ryb. Proto se jim začalo říkat „swarm robots“ – doslova roboti v hejnu.

Rozměry částic se pohybují od několika desítek do stovky mikrometrů, jednotlivé vnitřní součásti jsou v řádu desítek až stovek nanometrů, tedy miliontin milimetru. Hlavní výhodou robotů je, že mohou v jednotlivých „nádobkách“ přivést různé chemické látky na místo určení, teprve tam se vypustí do útrobu robota, smíchají se a vznikne z nich účinná látka. Lze tak pracovat i s nestabilními sloučeninami, které mají krátkou životnost.

Cílem projektu Chobotix docenta Františka Štěpánka bylo najít způsob, jak tuto myšlenku uvést do života. „Chtěli jsme prozkoumat, jak lze tyto částice vyrábět, jaké technologie a materiály jsou nejvhodnější pro jejich přípravu. Tomu jsme věnovali zhruba první tři roky,“ vysvětluje František Štěpánek. Někdy totiž stačí změnit jediný parametr, například rychlost otáčení míchadla se směsí látek, a vznikají částice jiné velikosti.

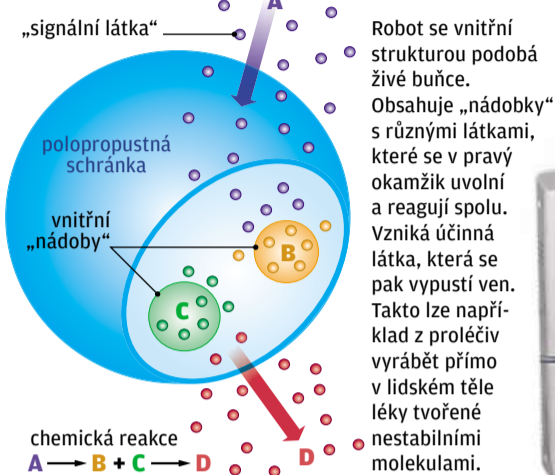
Výzkum tak probíhal paralelně mnoha směry, některé skončily ve slepé uličce, jiné se ukázaly být perspektivní. „Výsledkem je prototyp částic, které splňují to, co jsme si na začátku definovali, a na kterých stavíme dál – na povrchu mají polopropustnou schránku a uvnitř gelovitou hmotu podobnou cytoplazmě v buňkách, v níž plavou rezervuáry chemických látek, ale i enzymy, které pak působí jako katalyzátory chemických reakcí,“ konstatuje František Štěpánek.

Chemie na dálkové ovládní

Hlavním úspěchem je podle docenta Štěpánka to, že se podařilo na dálku ovládat děje uvnitř robota. K tomu slouží magnetické nanočástice umístěné do stěn nebo bezpro-

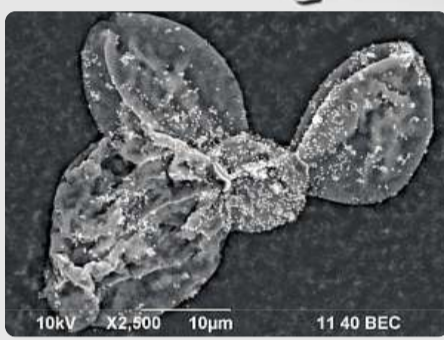
Chemické roboty vyvinuli vědci z VŠCHT Praha v rámci projektu Chobotix.

Částice o velikosti desítek až stovek mikrometrů mohou doručovat léky na určená místa v lidském těle, ale najdou uplatnění také při ošetřování zemědělských plodin nebo odstraňování nečistot.

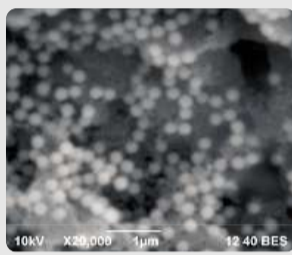


Jeden z prototypů částic, které mohou sloužit jako tělo robotů.

Částice z „inteligentního polymeru“ pokryté nanočásticemi oxidu křemičitého dokážou vratně reagovat na změnu teploty změnou objemu a povrchových vlastností. Při nižší teplotě jsou nabobtnalé, při vyšší teplotě vypouštějí vodu a smršťují se.



Částice (vlevo) pokrývají dva druhy křemičitých nanočástic - větších a menších (detail dole)



středního okolí vnitřních nádobek. V radiofrekvenčním poli se rozvibrují a tím se zahřívají.

„Vzhledem k tomu, že chemické reakce závisí na teplotě, můžeme tak změnou teploty ovládat jejich rychlost. Během několika minut dokážeme částice zahřát z 20 stupňů Celsia na 80, čímž se rychlost reakce mnohonásobně zvýší,“ říká František Štěpánek. „To je přitom klíčová věc, na které je celý koncept chemických robotů založen, a na začátku jsme si nebyli jisti, zda bude fungovat,“ pokračuje chemik.

Lze tak v laboratorním prostředí ověřit, zda bude v praxi fungovat například i doručování léků v lidském těle. Tam nebude zapotřebí magnetického působení, částice se zahřejí už jen tím, že se ocitnou v lidském těle o teplotě kolem 37 stupňů Celsia. Roboti se pochopitelně upraví tak, aby se látky z jejich nádobek začaly vypouštět právě při této teplotě.

K čemu to bude dobré? Jedním z aktuálních problémů lidstva je rostoucí odolnost mikroorganismů vůči antibiotikům. Může za to fakt, že používaná antibiotika jsou poměrně stabilní molekuly. To má sice tu výhodu, že je mohou farmaceutické firmy vyrábět v továrnách a prodávat je ve formě prášku s životností několika měsíců nebo i let, ale jakmile se ocitnou v životním

prostředí, dávají mikroorganismům šanci si na ně zvyknout – koncentrace látky je příliš nízká na to, aby bakterie zahubila, ale dostatečně velká na to, aby je bakterie přizpůsobila a vyvinul se její rezistentní kmen.

Alternativní možností je používat jako antibiotika molekuly s krátkou životností, které jsou natolik reaktivní, že do okamžiku svého vzniku mají poločas rozpadu třeba jen pár desítek minut nebo pár hodin. „Nutným předpokladem je ovšem to, aby byly jednotlivé prekurzory čili látky, ze kterých nestabilní molekula vzniká, od sebe oddělené až do okamžiku, kdy chceme antibiotikum lokálně vytvořit. Právě to umožní chemičtí roboti,“ konstatuje František Štěpánek. V lidském těle se teplota částic zvýší natolik, že se z jednotlivých nádobek vypustí látky, ve vnitřním prostředí spolu částice reagují a vznikne antibiotikum. To se pak vypustí ven do těla.

Tým z VŠCHT proto spolupracuje s dalšími odborníky na hledání přírodních antibiotik, obsažených například v různých rostlinách a živočiších, kteří je používají jako svou přirozenou obranu proti mikrobům, ale zatím nenašli uplatnění v lidské medicíně právě proto, že jsou nestabilní. „Nadějným živočichem je v tomto směru například žilála, která je superodolná, protože

žije v tom nejspínavějším prostředí, jaké si umíme představit,“ říká František Štěpánek.

Ve službách zemědělců

Medicína ovšem není jedinou oblastí, kde se může tento originální přístup uplatnit. Podobně lze chemické roboty využít také při výrobě nových čisticích a dezinfekčních prostředků. Nebo v zemědělství.

Jedním z výzkumných směrů, který má zatím nejbližší k praktickému využití, je totiž příprava fungicidů – látek proti houbovým a plísním hospodářských plodin. Také zemědělci bojují s rezistencí a zhruba každých deset let musejí na polích obměnit chemický arsenál, protože na ten dosavadní si už plísňe začínají zvykat.

Pokud se chce lidstvo i v budoucnu užít, bez fungicidů se neobejde. Dnes se pole stříkají postřiky, část postřiku smyje déšť a dostává se do spodních vod. „Ve spolupráci s jedním průmyslovým partnerem proto pracujeme na tom, aby se mohly používat fungicidy, které budou mnohem agresivnější, a tudíž účinnější, ale nebudou zůstávat v nízké koncentraci v prostředí,“ prozrazuje docent Štěpánek.

Snaží se proto chemické roboty modifikovat tak, aby vylučovali fungicid jen při určité teplotě a vlhkosti, které bývají předpokladem množení plísní.

sloužit jen k tomu, že do sebe látku koncentrují, nebo ji mohou přímo odstranit. Roboty lze naplnit například oxidem titaničitým. Ten je tzv. fotokatalyzátorem – když na něj zasvítí sluneční UV záření, katalyzuje chemickou reakci, například oxidaci organických škodlivin. Místo toho, aby se oxid titaničitý rozprašoval volně do kontaminované oblasti, což by bylo nákladné a ne příliš šetrné k životnímu prostředí, dopraví se na místo cíleně v chemických robotech, kteří látku nejen vychytají z prostředí, ale rovnou zneškodní.

Kudy do nádoru

Projekt Chobotix se sice chýlí ke konci – oficiálně skončí v květnu –, ale práce na chemických robotech bude pokračovat pomocí dalších grantů. Dalším směrem, který chce tým z VŠCHT podrobněji prozkoumat, je cílené doručování cytostatik do nádorů.

Částečně k tomu lze využít fakt, že nádor během růstu potřebuje velké množství kyslíku a hodně se prokrvuje, stěny cév v nádorové tkáni bývají mnohem poréznější než ve zdravé. Doručení léku na místo lze tedy zařídit vhodnou volbou velikosti chemického robota, který stěnu běžné cévy neprojde, ale v nádorové tkáni ano.

Aby se částice po čase zase nevyplavily, mohou mít navíc na povrchu speciální signální molekuly, které se naváží specificky na bílkoviny typické pro nádorové buňky. Nyní si v pražské laboratoři pořídili speciální přístroj na zobrazování pomocí magnetické rezonance. To umožní sledovat chování chemických robotů v trojrozměrných tkáňových kulturách vypěstovaných z linií zdravých i nádorových buněk. „Tím ověříme, zda se opravdu naváží na správná místa určení, a je to předstávkou k následným studiím na laboratorních myších, jejichž počet to však umožní minimalizovat,“ dodává docent Štěpánek.

Přestože jsou granty Evropské výzkumné rady zaměřeny na podporu základního výzkumu, tento projekt dokazuje, že i takový výzkum může mít v dohledné době praktické využití. „Je pravda, že jsem grant získal v oboru inženýrských věd, které mají obecně k aplikacím nejbližší,“ podotýká docent Štěpánek.

Do Prahy se vědec vrátil před pěti lety ze zahraničí právě díky grantu ERC, který mu umožnil založit na VŠCHT vlastní laboratoř. Výsledky ukazují, že to mělo smysl. „A radost mi udělala i lidská stránka, dnes má náš tým 25 lidí, máme několik obhájených doktorových prací a naši studenti nacházejí zajímavá uplatnění,“ uzavírá František Štěpánek.

Text vznikl s podporou MŠMT ČR z programu EUPRO II na projekt LEI2005

VĚDCI PÍŠÍ (NEJEN) O VĚDĚ

Po stopách meteoritu z jezera Čebarkul



GUNTER KLETETSCHKA
geofyzik

Poté, co světem proletla informace, že padající meteorit způsobil značné škody, paniku a s hromovým efektem proletěl nad Čeljabinskem v Rusku, narychlo jsme s kolegy Ladislavem Nábelkem a Darjou Kawasumiovou zorganizovali výpravu do této oblasti ve dnech od 5. do 9. března.

Směřovali jsme na místo dopadu jádra meteoritu v jezeře Čebarkul poblíž stejnojmenného městečka o 40 tisících obyvatelích. Hned záhy se o naší výpravě dozvěděl starosta Čebarkulu Andrej Orlov a významný ruský vědec Sergej Zacharov. Nabídlí nám logistickou pomoc v dopravě, při ma-

nuálních pracích na jezeře a s ubytováním.

Naše výprava měla několik cílů. Prvním bylo informovat administrativu Čebarkulu o výjimečnosti této události a zajistit tak vhodné nakládání s nalezeným meteorickým materiálem, kterým by se předešlo případné kontaminaci meteoritu zemským prostředím.

Meteorit měl totiž počáteční velikost přes 15 m v průměru, což stačí k tomu, aby se případné organické molekuly uvnitř tělesa nezničily radiací ve vesmírném prostoru. Existence takových molekul je předmětem diskusí týkajících se vzniku a přenosu života mezi planetami.

Čebarkulský meteorit při průletu atmosférou ztrácel hmotu rychleji, než se jeho vnitřek stačil ohřívát, takže by jádro meteoritu, které dopadlo do jezera, mohlo být jen minimálně kontaminováno zemským vlivem. Navíc vzhledem k tomu, že povrch meteoritu byl při dopadu do jílovitých sedimentů rozžhavený, se na jeho povrchu pravděpodobně vytvořila pevná nepropustná sko-

řápka ze spečeného jílu. Apelovali jsme proto na potřebu péče při vydvíhnutí nejenom meteoritu, ale také jeho skořápky tak, aby byla zajištěna ochrana před možnou kontaminací pozemskými vlivy a také před polem permanentních magnetů, které by mohly zničit jedinečnou informaci v jádru meteoritu.

Neméně důležitým úkolem byl průzkum okolí dopadu meteoritu na zamrzlém povrchu jezera pokrytém vrstvou ledu o tloušťce 60 až 80 cm. Měřili jsme magnetické pole, což umožní určit polohu meteoritu, který se nachází v jezerním jílu v hloubce několika metrů. Znalost tloušťky ledu a hloubky dna napoví o poloze meteorického tělesa pod vodou poté, co rozrazilo led rychlostí cca 450 km/h. Byly také zmapovány meteorické fragmenty v okolí 35 m od místa dopadu.

O plánu na výlov meteoritu se zatím v detailech neuvažuje. Čeká se, až měření určí jeho pravděpodobnou polohu. K tomu by měla dopomoci naše data, která nyní zpracováváme. Byli jsme prvním meziná-

rodním týmem, který dostal do oblasti přístup pro studium fenoménu přistání meteoritu. Nejvíce nás zajímají tato témata:

1. Přenos života mezi planetami
2. Analogie struktur ledu na měsíci Europa u Jupitera
3. Znečištění Země z vesmíru
4. Koncept navádění asteroidů pro účely jejich využití na Zemi
5. Magnetická historie tohoto asteroidu.

Náš pobyt neměl jen vědecký rozměr. Několikrát jsme se probořili ledem do jezera, vyhrabávali jsme dvě auta z hlubokého sněhu, jídlo nám dováželi místní na saních tažených koněm a starosta nás pohostil svojí vodkou, což jsme doprovodili společným zpěvem.

Autor pracuje na Přírodovědecké fakultě UK v Praze a v Geologickém ústavu AV ČR v Praze

lidovsky.cz

Blogy vědců najdete na adrese:
www.lidovsky.cz/veda

DUCHOCVIČNA

DOSAZOVAČKA

Vyberte písmena z příslušných sloupců, aby vznikl citát francouzského herce **Jean-Paula Belmonda** (* 1933), představitele extravagantních rolí v psychologických a komediálních filmech.

Úloha Jindřicha Pěnčíka je převzata z časopisu Křížovka a hádanka



Řešení: Žena je jejího darek, který se sám zabíjí.